



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

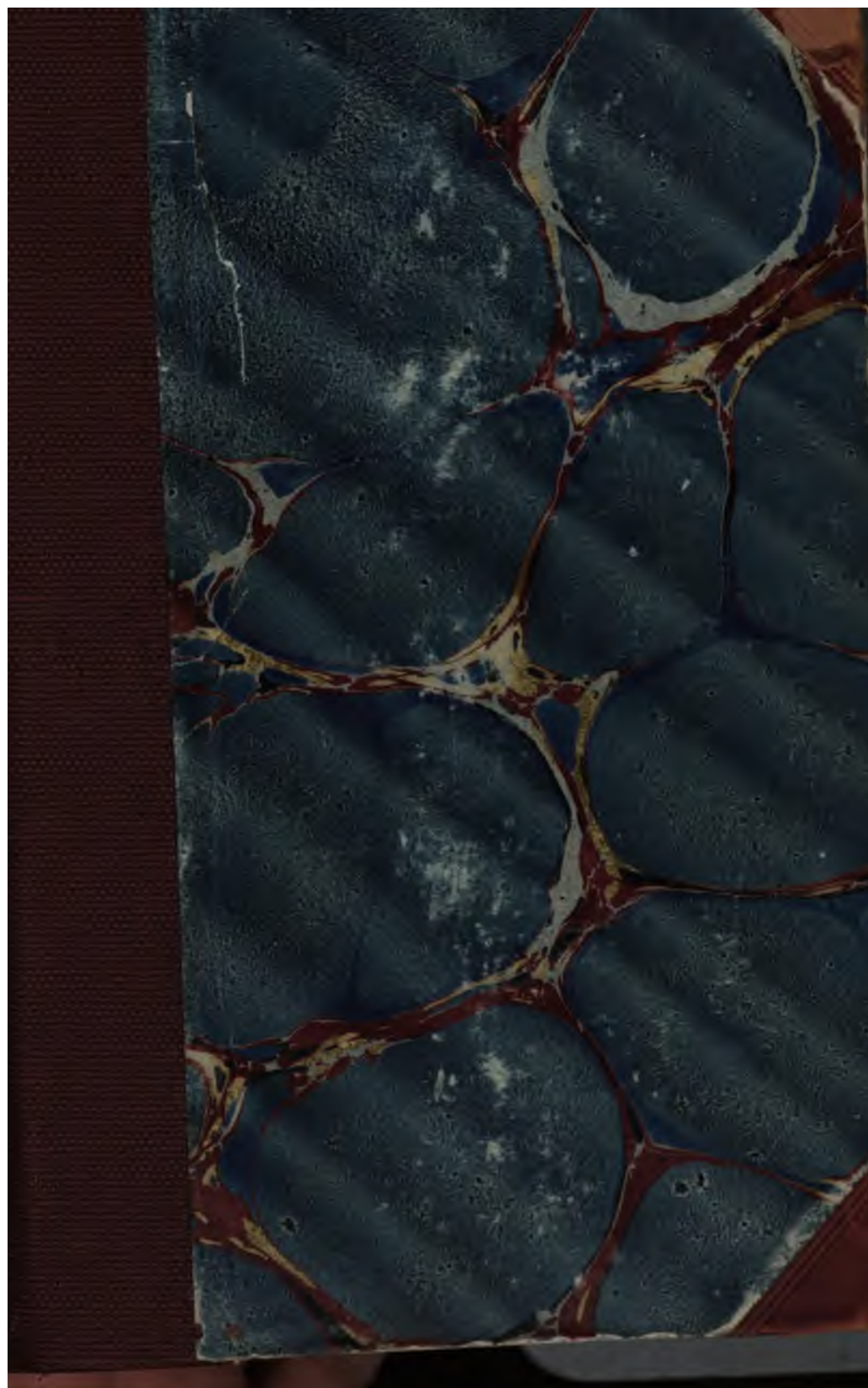
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

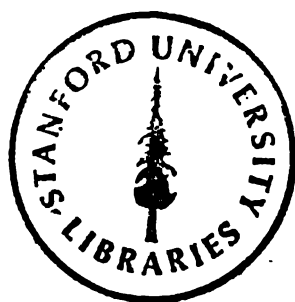
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



9 ^{III}
10



MICROFILM AVAILABLE

90

SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Comité
par M. L. DUFOUR.

Volume XII.

Ce volume contient les Bulletins nos 69, 70 et 71
publiés de Juillet 1873 à Février 1874.

LAUSANNE
LIBRAIRIE ROUGE ET DUBOIS, RUE HALDIMAND, 4

THIS ITEM HAS BEEN MICROFILMED BY
STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
REFORMATTING SECTION 1994. CONSULT
SUL CATALOG FOR LOCATION.

STANFORD

FEB - 7 1984

RECHERCHES

sur la

RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE

à la

SURFACE DU LAC LÉMAN

PAR

M. L. DUFOUR,

professeur de physique à l'Académie de Lausanne

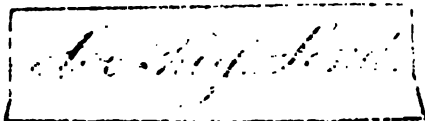


La réflexion de la chaleur par une surface d'eau n'a pas été, jusqu'ici, l'objet de recherches développées. Les auteurs qui se sont occupés de la réflexion de la chaleur paraissent s'en être tenus à l'étude de ce qui se passe à la surface des corps solides, et je n'ai pas trouvé de renseignements quelque peu détaillés sur le rôle des liquides comme réflecteurs. Melloni dit qu'il a constaté la chaleur rejetée par une surface aqueuse; mais il ne donne point le détail des expériences et ne cite aucun résultat numérique de ses observations.

Les grands bassins naturels, la mer et les lacs, réfléchissent sûrement une certaine portion de la chaleur solaire; il suffit de s'être trouvé dans une situation convenable et à proximité d'un semblable bassin pour n'avoir

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XII. N° 69.

1



aucun doute à ce sujet. Si le soleil est bas sur l'horizon, que ses rayons atteignent très obliquement la surface de l'eau, la proportion de chaleur réfléchie est assez forte pour que chacun puisse s'en apercevoir sans le secours d'aucun instrument.

Si la côte se relève un peu brusquement à partir du rivage, les rayons réfléchis doivent l'atteindre et augmenter ainsi le réchauffement que procure au sol le rayonnement direct du soleil. Cet accroissement de chaleur n'est sans doute pas négligeable, et il compte peut-être pour un facteur de quelque importance dans le climat des contrées convenablement situées.

La rive suisse du lac Léman présente diverses portions qui sont très favorablement placées pour recevoir la chaleur réfléchie par l'eau. Dans quelques endroits, la côte se relève avec une forte pente au nord, au nord-ouest ou au nord-est ; elle s'offre ainsi particulièrement bien aux rayons que réfléchit le lac lorsque le soleil est peu élevé au-dessus de l'horizon. Ces coteaux, couverts de vignes, sont d'ailleurs très bien orientés pour profiter du rayonnement direct. La chaleur réfléchie par le lac vient donc améliorer une situation climatologique déjà fort bonne.

Mais quelle est, approximativement au moins, la proportion de chaleur qui est renvoyée par la surface liquide ? Comment cette réflexion varie-t-elle avec l'incidence des rayons ? Jusqu'à quelle distance de la surface aqueuse se conserve-t-elle appréciable ? Quelle est l'influence de l'état de la surface de l'eau ?

Ces diverses questions, qui se présentent naturellement à l'esprit, ont provoqué les recherches qui font l'objet du présent mémoire. Ces recherches sont malheureusement encore insuffisantes et elles n'ont point la prétention de

répondre d'une manière complète et précise aux questions posées. Elles ont été commencées il y a plusieurs années déjà. J'avais espéré les reprendre et les poursuivre en suivant d'autres méthodes ; mais diverses circonstances m'ayant empêché jusqu'ici, je me décide à ne pas différer davantage la publication des résultats obtenus. Ces résultats, qui ne sont pas aussi nombreux ou aussi concordants que je l'aurais désiré, n'en offrent pas moins, ce me semble, un certain intérêt physique et météorologique.

Expériences préliminaires. — Méthode employée pour observer et mesurer la chaleur réfléchie.

1. Des observations comme celles dont il est ici question offrent bien des difficultés spéciales. Il s'agit de mesures qui doivent se faire en plein air, qui doivent se répéter dans diverses stations plus ou moins éloignées du lac et avec des installations parfois assez incommodes. On ne peut pas employer les méthodes et les procédés qui seraient les meilleurs s'il s'agissait d'opérer dans le calme et le confort d'un laboratoire, mais qui deviennent impossibles lorsqu'il s'agit de s'établir pour quelques heures seulement sur la plage sablonneuse du lac ou sur la pente inclinée d'une vigne. Les appareils thermo-électriques, qui se prêtent si bien aux expériences sur la chaleur rayonnante, ne sont guère utilisables dans les circonstances où il était nécessaire de se placer pour observer la réflexion de chaleur par le lac.

Lorsqu'on veut mesurer la chaleur qui provient directement du soleil, on a un point déterminé comme origine du flux rayonnant et il suffit que les instruments puissent

recueillir la chaleur qui arrive d'une direction unique. A la surface d'un grand bassin d'eau, la réflexion ne se produit que très rarement sur une place limitée ; l'agitation superficielle du liquide donne lieu à une réflexion qui provient d'une longue et large trainée ; c'est une surface très vaste qui envoie de la chaleur et il faut pouvoir recueillir des rayons dont les directions sont assez écartées les unes des autres.

Le pyrhéliomètre de Pouillet semble, au premier abord, convenir assez bien pour ce genre de recherches ; mais son emploi est entouré de difficultés à peu près insurmontables si l'air n'est pas bien calme et, en outre, il ne permet pas de faire plusieurs observations successives à des intervalles un peu rapprochés. Les instruments dont se sont servis, dans ces derniers temps, le Père Secchi et M. Soret sont, au point de vue de la précision, supérieurs au pyrhéliomètre de Pouillet et aux appareils dont j'ai fait usage. A l'époque où mes expériences ont été commencées, ces instruments ne m'étaient pas connus. Ils supposent d'ailleurs que le flux de chaleur rayonnante arrive dans une direction déterminée et il faudrait les modifier pour les rendre capables de recueillir la chaleur qui provient d'une surface assez étendue.

2. Pour observer la quantité de chaleur que le lac réfléchit, je me suis simplement servi d'une boule noircie, au centre de laquelle est installé un thermomètre. C'est la méthode qui a été indiquée et employée, il y a longtemps déjà, par M. de Gasparin pour mesurer le rayonnement direct du soleil.

J'ai employé des boules creuses exactement conformes au modèle de M. de Gasparin. Elles consistent en une

sphère de laiton très mince, de dix centimètres de diamètre, pesant 90 grammes ⁽¹⁾. En un point de la surface

⁽¹⁾ M. de Gasparin est arrivé à préférer et à admettre la dimension et la substance de ces boules après de nombreux essais préliminaires. Il a essayé des boules de bois, de verre, etc. Voici un passage de sa *note* :

« Nous avons fait de nombreux essais pour la dimension à donner à nos boules. La chaleur accumulée augmentait à mesure que nous augmentions le diamètre et d'une manière assez régulière jusqu'à 10 centimètres ; au-delà et jusqu'à 30 centimètres, les variations deviennent si grandes par l'effet des vents ou des nuages, que nous avons dû y renoncer et nous en tenir à la proportion de 10 centimètres. »

(*Comptes-Rendus de l'Acad.* T. 36 ; 1853).

J'ai fait de nombreuses comparaisons entre les boules employées dans les présentes expériences et des thermomètres ordinaires. Voici, entre autres, quelques faits intéressants à signaler :

1. J'ai exposé au soleil, dans des conditions semblables, une boule pourvue de son thermomètre, un thermomètre ordinaire recouvert de noir de fumée velouté, un thermomètre verni au noir de fumée et un thermomètre à surface vitreuse. — La boule a toujours présenté une température notablement plus élevée que les thermomètres, ou, comme le dit M. de Gasparin, elle « accumulait » plus de chaleur. Ainsi, par exemple, lorsque le thermomètre à surface vitreuse présentait un excès de 4 à 5° sur l'air ambiant, le thermomètre au noir de fumée velouté arrivait à + 9 ou + 10° ; le thermomètre au noir de fumée verni montait un peu moins, et la boule avait + 14 à + 15°. Dans beaucoup de comparaisons semblables, la boule atteignait de 3 à 5° de plus que le thermomètre à noir velouté.

2. Lorsqu'on fait intervenir une variation dans l'intensité du flux de chaleur qui frappe les instruments, ou dans l'intensité des causes qui refroidissent, la boule n'est pas influencée de la même façon que les thermomètres. Ainsi, lorsqu'on détermine un courant d'air un peu fort, ou bien lorsqu'on arrête les rayons solaires pendant quelques secondes, les thermomètres baissent rapidement. La boule ne varie que beaucoup plus lentement.

3. Lorsqu'on expose la boule et le thermomètre (velouté) à l'action d'une flamme, en les plaçant d'une manière telle que leurs excès de température sur l'air ambiant soient sensiblement les mêmes, on trouve que les causes qui font varier la tempé-

se trouve soudé un petit tube métallique rigide, de 40 millimètres de longueur et de 8 millimètres de diamètre. C'est à l'aide de ce tube que la boule est fixée à l'extrémité d'un piquet convenablement taillé, extrémité qui s'introduit dans le tube de métal. En un point diamétralement opposé au tube dont il vient d'être question, la boule est percée d'une ouverture de 10 millimètres de diamètre. Cette ouverture reçoit un bouchon à travers lequel s'introduit la tige d'un thermomètre dont la cuvette vient occuper le centre de la boule. Un peu de mastic mou sert à fermer l'ouverture autour du thermomètre. La surface extérieure de la boule est soigneusement recouverte d'un vernis au noir de fumée mat, répandu en une couche aussi uniforme que possible.

Trois boules parfaitement semblables ont servi aux observations qui seront rapportées plus loin. Je les désignerai par A, B, C. Les thermomètres étaient divisés en cinquièmes de degré ; on pouvait donc, à vue et très facilement, lire directement le dixième et même le vingtième de degré.

rature (augmentation ou diminution de la flamme pendant quelques instants) donnent lieu à une variation plus grande au thermomètre qu'à la boule. Ainsi, des variations petites et intermittentes de la flamme faisaient osciller de plusieurs dixièmes de degré le thermomètre, tandis que la boule demeurait sensiblement constante ou ne variait que très peu.

Ces faits montrent que la boule Gasparin, exposée au soleil, fournit une température plus élevée qu'un thermomètre ordinaire noirci, et que, à excès égal de température, la boule change moins sous l'influence de variations passagères dans la cause qui réchauffe. Ce caractère est évidemment un avantage en faveur de la boule pour des recherches comme celles dont il est ici question, recherches qui doivent se faire à l'air libre et dans des circonstances où les causes accidentelles de variations sont inévitables.

3. Il importait, tout d'abord, de s'assurer que les indications fournies par les diverses boules étaient comparables ; c'est-à-dire que, placées dans des conditions identiques, les instruments fournissaient des résultats semblables. Voici quelle marche a été suivie dans ces études préliminaires.

Les thermomètres ont été comparés avec les précautions ordinaires afin de déterminer leur correction. Les comparaisons ont été faites en les plaçant simplement dans un vase, très voisins les uns des autres, enveloppés de coton, et cela dans diverses circonstances de température ambiante.

Les thermomètres ont ensuite été observés alors qu'ils étaient installés dans une des boules décrites plus haut. Les boules, fixées sur des piquets d'environ 50 centimètres de hauteur, ont été exposées à diverses températures ambiantes, à l'ombre et à l'abri de tout rayonnement d'une source de chaleur. Ces comparaisons ont été faites les unes dans une chambre fermée ou dans le laboratoire, les autres, à l'air libre, dans un jardin, en choisissant des jours où l'air était bien calme et le ciel couvert.

Dans une pièce fermée et dans le laboratoire, les thermomètres plongés dans les boules ont présenté les mêmes corrections que celles qui avaient été obtenues précédemment ; en d'autres termes, en leur appliquant la correction convenable, on obtenait, pour les trois boules voisines, la même température. Les comparaisons faites à l'air libre ont donné des résultats moins concordants. Chaque thermomètre recevant la correction qui lui convient, on obtenait des températures qui différaient souvent de 0°,1 à 0°,2, parfois même, exceptionnellement, de

0°,3 à 0°,4. Plus l'air était calme et plus les indications étaient concordantes. Mais ces différences n'ont offert entr'elles, d'une boule à une autre, aucune régularité; elles étaient tantôt dans un sens tantôt dans un autre et provenaient très probablement de l'agitation de l'air qui se faisait sentir d'une façon un peu inégale, même dans des points très rapprochés. On verra plus tard que cette cause d'erreur ou d'incertitude, malheureusement inévitable dans la méthode employée et pour les observations en plein air, a, du plus ou moins, exercé son influence pendant les observations de réflexion de chaleur par le lac.

Les trois boules, munies de leurs thermomètres, ont enfin été exposées au soleil près les unes des autres, afin de voir si le réchauffement dû à l'absorption de la chaleur rayonnante était le même pour toutes. Dans ces conditions, on a immédiatement pu constater une différence très sensible entre la boule A et les deux autres. Ces dernières ont marché très convenablement d'accord ou n'offraient que de petites différences, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. La boule A, au contraire, a donné des températures à écart négatif, écart d'autant plus grand que le rayonnement solaire était plus intense,

Voici, comme exemple, les résultats de quelques comparaisons semblables faites dans différents jours. Ces comparaisons ont été exécutées dans une chambre dont la fenêtre ouverte laissait entrer le soleil. La colonne T renferme les excès de température des deux boules B et C sur la température ambiante; les autres colonnes renferment les écarts, tous en *moins*, de la boule A :

T	e	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄
4°	0.50	...	0.60	0.64	0.55
5°	0.55	0.55	0.70	0.72	0.65
6°	0.70	0.60	0.83	0.80	0.75
7°	0.80	0.75	0.95	0.90	0.90
8°	0.90	0.84	1.10	1.00	1.00
9°	0.95	0.95	1.13	1.05	1.15
10°	1.00	1.05	1.14	1.10	1.30
11°	1.05	1.15	...	...	1.35
12°	1.15	1.30	...	1.25	1.45
13°	1.30	...	...	...	1.50

Les chiffres de ces cinq séries, quoique un peu irréguliers et variant d'une série à l'autre, montrent nettement que la correction qui devrait être apportée à la boule A, pour la rendre comparable à B et à C, n'est pas constante. Cette correction augmente avec l'intensité du rayonnement solaire. A mesure que ce rayonnement diminuait, les trois boules s'approchaient de donner une même température.

La différence dont il s'agit ici se manifestant toujours dans le même sens et étant à peu près proportionnelle à l'intensité du rayonnement, doit sans doute être attribuée à un pouvoir absorbant moins considérable de la surface de A. Rien dans la dimension, le poids et l'aspect de cette boule ne trahissait cette différence de propriété touchant la faculté absorbante.

Les comparaisons qui viennent d'être décrites montrent que A, B et C fournissent des résultats comparables

lorsqu'il s'agit de la simple température de l'air, sans source de rayonnement; mais que lors d'un réchauffement dû à un flux de chaleur rayonnante, B et C seuls sont convenablement comparables. Je n'ai pas cherché à modifier la surface de A (par exemple par un nouveau vernissage) de manière à faire disparaître l'exception qu'elle fournissait. L'une des boules étant destinée à demeurer à l'ombre et à indiquer la température de l'air, c'est cette boule-là qui pouvait, sans inconvénients, être choisie.

4. Pour observer la chaleur réfléchie par le lac, les boules A, B, C étaient installées de la manière suivante :

Des piquets de bois, haut de 1^m80, étaient fixés dans le sol, à une distance de 1^m à 1^m20 les uns des autres, suivant une ligne à peu près perpendiculaire à la direction générale du flux solaire. Sur ces piquets étaient plantées les boules pourvues de leurs thermomètres. A une distance convenable, en avant des boules, se trouvaient des écrans destinés à protéger partiellement ou complètement deux d'entr'elles. Pour la facilité des transports et d'une prompte installation, j'ai employé, comme écran, une simple planche carrée de bois, de 40 centimètres de côté, qui se fixait latéralement à un piquet solide planté dans le sol. Cette planche pouvait monter ou descendre le long du piquet; elle pouvait d'ailleurs s'incliner plus ou moins relativement à l'horizon.

En avant de la boule A, et dans une situation convenable, se trouvait un piquet le long duquel pouvait glisser deux écrans. En variant leur élévation et leur inclinaison, on protégeait cette boule du rayonnement direct du soleil et de la réflexion du lac. En avant de B, un autre piquet

était pourvu d'une seule planche qui se déplaçait de façon à empêcher le rayonnement direct, mais à permettre l'accès des rayons réfléchis par le lac. Enfin la boule C était parfaitement libre et recevait aussi bien les rayons du soleil que ceux que réfléchait la surface aqueuse. Ainsi, en résumé, A donnait la température de l'air, t ; B, une température $t + t'$ due à la réflexion du lac, et C une température $t + t''$ provenant de la chaleur réfléchie et de la chaleur directe.

Par suite du déplacement du soleil dans le ciel et par conséquent aussi du changement de la région du lac qui réfléchissait, il était nécessaire de déplacer un peu les écrans dans le courant d'une même série d'observations. Ce déplacement se faisait en variant d'une manière convenable l'inclinaison des écrans et la position des piquets auxquels ils étaient fixés.

Dans les nombreuses comparaisons préliminaires que j'avais faites avant d'entreprendre les observations définitives près du lac, quelques faits m'avaient amené à craindre que les écrans de bois fussent une protection insuffisante. Le bois s'échauffant peu à peu sous l'action du soleil, la face postérieure de la planche pouvait rayonner vers la boule et influencer ainsi un peu sur les indications thermométriques. Afin d'éviter cette cause possible d'erreur, les écrans ont été pourvus d'une feuille de carton, qui avait la même dimension que le bois lui-même et qui était fixée au bois, sans cependant le toucher tout à fait. Une distance de dix millimètres séparait les deux surfaces voisines et permettait, entr'elles, une libre circulation de l'air. Grâce à cette précaution, la face de l'écran tournée vers la boule (c'était la feuille de carton) ne s'échauffait pas et son rayonnement devenait sûrement sans influence.

5. Les excès de température t' et t'' sont produits, le premier par la réflexion du lac et le second par cette même réflexion augmentée de la chaleur directement rayonnée par le soleil. A un moment donné, le soleil fournit une quantité de chaleur S , le lac en réfléchit une quantité R . Il s'agit de déduire, des excès t' et t'' , le rapport entre R et S . C'est cette connaissance de la proportion de chaleur solaire réfléchie par le lac qui est le principal objet des présentes recherches. La valeur absolue de S ou de R , exprimée, par exemple, en calories sur un centimètre carré et pendant une minute, est un problème différent et sur lequel je reviendrai plus tard.

Lorsque la boule B indique une température de t' degrés supérieure à la température ambiante, il faut évidemment que la chaleur qui lui est communiquée à chaque instant par la réflexion du lac fasse équilibre à celle qu'elle perd par le rayonnement et par le contact de l'air. Soit V' la vitesse du refroidissement pour un excès t' ; la quantité de chaleur perdue pendant un petit instant $d\theta$ est $V' d\theta$. C'est donc là aussi la mesure de ce qui provient du lac pendant l'intervalle $d\theta$.

Pour la boule C , qui indique en même temps un excès t'' , la vitesse de refroidissement sera V'' et la quantité de chaleur qu'elle reçoit pendant $d\theta$, du soleil et du lac, est égale à $V'' d\theta$. — Le rapport entre R et $R + S$, à un moment donné, sera donc égal à $\frac{V'}{V''}$, c'est-à-dire au rapport entre les vitesses de refroidissement des deux boules correspondant à deux excès t' et t'' observés au même moment.

Si l'on pouvait admettre que la loi du refroidissement de Newton s'appliquât au cas dont il s'agit, le problème

serait promptement résolu puisque le rapport des vitesses serait égal au rapport des excès de température. On aurait

$$\frac{V'}{V''} = \frac{t'}{t''} \text{ et, par conséquent, } \frac{R}{R+S} = \frac{t'}{t''}$$

$$\text{d'où } \frac{R}{S} = \frac{t'}{t''-t'}.$$

C'est là une première approximation qui, eu égard à la valeur toujours assez faible des excès t' et t'' , n'est pas fort éloignée de la vérité. Mais j'ai désiré connaître d'une manière plus précise les vitesses de refroidissement des boules pour les divers excès de température, afin d'obtenir,

avec plus d'exactitude, le rapport $\frac{V'}{V''}$.

6. La détermination de la vitesse du refroidissement revient, on le sait, à chercher la loi suivant laquelle les excès de température sont reliés au temps. Cette loi étant connue et représentée par une fonction $t = F(\theta)$, la vitesse, pour chaque excès, est $V = \frac{d t}{d \theta}$. Il s'agit donc de déterminer expérimentalement $F(\theta)$ et de trouver les constantes de cette fonction qui conviennent aux appareils particuliers pour lesquels on désire connaître la marche du refroidissement.

Afin de connaître la loi que suit, dans son refroidissement, une des boules employées, j'ai opéré de la manière suivante. La boule était fixée sur un piquet court, maintenu par un support. On l'exposait pendant quelque temps au flux de chaleur réfléchi provenant d'un miroir métallique, au foyer duquel était une lampe à gaz. Le thermomètre montait lentement jusqu'à une température de 30 à 35° au-dessus de l'air ambiant. La boule était alors rapidement transportée dans un autre local que celui où

s'était fait le réchauffement et placée de telle sorte que le thermomètre pouvait être observé à distance, à l'aide d'une lunette. J'ai employé une lunette de cathétomètre du grossissement de 30 fois. La colonne mercurielle se voyait avec une grande netteté en même temps que les divisions de l'échelle, divisions égales à un cinquième de degré.

Pendant que je suivais la marche descendante du thermomètre, un aide notait le temps à l'aide d'un compteur à pointage. On inscrivait l'instant qui correspondait au passage de la colonne mercurielle derrière une des divisions de l'échelle, de degré en degré dans les premiers moments du refroidissement, et de deux en deux cinquièmes lorsque le refroidissement était plus lent. L'observation est plus sûre ainsi que si l'on opère d'une manière inverse. — Grâce à ce mode d'opération, la température indiquée par le thermomètre, à un moment donné, est connue avec une incertitude sûrement inférieure à un dixième de division de l'échelle, soit à 0°,02.

Pour connaître la température ambiante, les deux autres boules, pourvues de thermomètres, étaient placées à une certaine distance de celle qui se refroidissait et séparées d'elle par de petits écrans. C'est la moyenne de leurs indications, d'ailleurs très concordantes, qui était admise comme température ambiante.

Les résultats ainsi obtenus étaient portés sur deux axes et servaient à construire la courbe du refroidissement ; les abscisses représentant les temps et les ordonnées les excès de température. La courbe une fois tracée, on pouvait en déduire les excès de température correspondant à des nombres entiers d'unités de temps. La minute a toujours été admise comme unité.

Il importait, en premier lieu, de savoir si les vitesses du refroidissement sont les mêmes pour les deux boules B et C. J'ai fait un certain nombre de séries en opérant d'abord avec l'une, ensuite avec l'autre, dans des conditions autant que possible identiques, c'est-à-dire le même jour, dans la même installation et alors que la température ambiante s'était conservée presque sans variation. — La planche I renferme les courbes de deux séries paires. On voit qu'elles se suivent d'une manière très satisfaisante. B et C ont été obtenues un même jour; B' et C' un autre jour. Ces dernières ont été, sur la planche, un peu déplacées, c'est-à-dire que les abscisses ont été augmentées de 20^{mm}, afin qu'elles ne se superposent pas partiellement aux autres. Dans une autre série comparative, les deux courbes différaient si peu qu'il n'aurait pas été possible de les distinguer à moins de choisir une échelle notablement plus grande que celle que j'ai admise.

Il résulte de là que les deux boules B et C se refroidissent suivant une loi très sensiblement la même et que la même fonction $t = F(\theta)$ convient à l'une et à l'autre.

7. Dans les expériences classiques de Dulong et Petit sur le refroidissement, ces auteurs ont trouvé que leurs résultats étaient très convenablement représentés par une équation de la forme $t = t_0 A^{ax + bx^2}$ dans laquelle t_0 est la température initiale, x le temps, A, a , b des constantes.

Les boules dont je me suis servi ne se refroidissant qu'entre des limites peu étendues, j'ai essayé une formule un peu plus simple, de la même forme que la précédente

et qui s'est trouvée représenter d'une manière très suffisante les expériences. Cette formule est :

$$(1) \quad t = t_0 A^{\theta} - k \theta^2$$

En prenant deux observations t_1 et t_2 correspondant à deux moments θ_1 et θ_2 du refroidissement dans une même série, on a :

$$t_1 = t_0 A^{\theta_1} - k \theta_1^2 \quad \text{et} \quad t_2 = t_0 A^{\theta_2} - k \theta_2^2$$

Ces équations servent à déterminer les constantes A et k qui conviennent à la série dont il s'agit. On obtient facilement :

$$k = \frac{\theta_1 b - \theta_2 a}{\theta_1^2 b - \theta_2^2 a} \quad \text{et} \quad \log. A = - \frac{a}{\theta_1 - k \theta_1^2}$$

équations dans lesquelles on a, pour simplifier, pris :

$$a = \log. t_0 - \log. t_1 \quad \text{et} \quad b = \log. t_0 - \log. t_2$$

On trouvera ci-dessous les tableaux complets des valeurs *observées* et *calculées* pour deux séries d'observations. La colonne θ indique le temps exprimé en minutes ; la colonne E, les excès *observés* de la température du corps qui se refroidit au-dessus de la température ambiante, et la colonne E', les mêmes excès *calculés* à l'aide de la formule (1). La température ambiante était 14°,80 lors de la première série et 15°,65 lors de la seconde.

Dans la série I, les constantes ont été déterminées à l'aide des observations faites à 8^m (2°,24) et à 18^m (0°,46). On trouve : $k = 0,01076$ et $\log. A = \overline{1},9045$. La formule

17 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 17
qui convient à la série et qui a servi à calculer les chiffres
de la colonne E est :

$$t = 11^{\circ},17 \times 0,8027^{\theta} - 0,01076\theta^2$$

Dans la série II, les constantes ont été obtenues en utilisant les observation de 4^m (8°,30) et de 10^m (2°,49).
 On trouve : $k = 0,0103$ et $\log. A = \overline{1},8982$.

L'équation qui convient à cette série et qui a servi à calculer la colonne E est donc :

$$t = 20^{\circ},40 \times 0,791^{\theta} - 0,0103\theta^2$$

Si l'on compare, dans chaque série, les colonnes E et E', on verra que les observations sont très convenablement représentées par la formule. L'accord est même plus grand que ce que j'avais osé espéré ; il prouve que le mode d'observation indiqué plus haut est susceptible d'une grande sûreté.

(Tableau I.)

J'ai obtenu un grand nombre d'autres séries semblables à celles qui sont mentionnées ici comme types. Toutes se représentent par une équation de la forme (1) et il est ainsi bien démontré que cette formule exprime d'une façon très approchée la loi du refroidissement des boules dans l'air, au moins entre les limites restreintes de température dans lesquelles les observations ont eu lieu.

S. La vitesse du refroidissement, à chaque instant, s'obtient en différentiant t par rapport à θ . On a :

$$V = \frac{dt}{d\theta} = t (1 - 2k\theta) \frac{1}{n} A$$

TABLEAU I.

SÉRIE I.			SÉRIE II.		
θ	E	E'	θ	E	E'
0 ^m	11°.17	11°.17	0 ^m	20°.40	20°.40
1	8.99	8.98	1	16.20	16.17
2	7.28	7.27	2	12.88	12.88
3	5.88	5.90	3	10.30	10.31
4	4.79	4.81	4	8.30	8.30
5	3.93	3.95	5	6.70	6.70
6	3.24	3.25	6	5.48	5.45
7	2.69	2.69	7	4.48	4.45
8	2.24	2.24	8	3.67	3.65
9	1.86	1.87	9	3.00	3.00
10	1.55	1.57	10	2.49	2.49
11	1.31	1.32	11	2.06	2.07
12	1.11	1.12	12	1.72	1.73
13	0.95	0.96	13	1.48	1.46
14	0.82	0.82	14	1.28	1.24
15	0.71	0.70	15	1.02	1.05
16	0.61	0.61	16	0.87	0.89
17	0.53	0.53			
18	0.46	0.46			
19	0.41	0.40			
20	0.35	0.35			
21	0.30	0.31			

ou bien, en passant des logarithmes népériens (l_n) aux logarithmes ordinaires :

$$(2) \quad V = t (1 - 2 k \theta) 2,3026. \log. A.$$

Cette formule permet de calculer V en fonction du temps écoulé dès l'origine et de l'excès θ .

Les valeurs inscrites dans le tableau I permettent d'ob-

tenir immédiatement V pour $\theta = 1^m, 2^m$, etc. Mais, si l'on veut connaître V pour les valeurs entières et successives de l'excès t , ce qui est plus commode dans la question présente, on peut suivre diverses voies :

1) Construire la courbe des vitesses pour les diverses valeurs de t , d'après l'équation (2), puis chercher les valeurs de V qui correspondent aux valeurs *entières* de t ;

2) Combiner (1) et (2) pour éliminer θ et aboutir à une équation qui donne V en fonction de t et t_0 .

Ces deux méthodes ont été employées dans quelques cas comme contrôle ; mais la plus grande partie des chiffres qu'on trouvera dans les tableaux ci-dessous ont été obtenus par la seconde.

L'équation (1) devient :

$$\log. t = \log. t_0 + (\theta - k \theta^2) \log. A$$

d'où l'on tire facilement :

$$\theta = \frac{1}{2k} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4k(\log. t - \log. t_0)}{\log. A}} \right)$$

On s'assure sans peine que cette formule donne les valeurs de θ qui correspondent au phénomène physique en prenant le radical avec le signe *moins*.

En introduisant cette valeur de θ dans (2), on a :

$$V = t \cdot 2,3026 \log. A \times \left\{ 1 - 2k \left(\frac{1}{2k} - \sqrt{1 - \frac{4k(\log. t - \log. t_0)}{\log. A}} \right) \right\}$$

ou :

$$V = t \cdot 2,3026 \log. A \sqrt{1 - \frac{4k(\log. t - \log. t_0)}{\log. A}}$$

Le calcul fournit naturellement pour V des valeurs négatives puisqu'il s'agit d'un refroidissement.

La formule ci-dessus est plus rapidement calculable en passant aux logarithmes. Le produit $2,3026 \log. A$ est constant pour une même série. En faisant $\log. A$ positif, dans ce produit, la valeur de V deviendra elle-même positive, et il n'y a aucun inconvénient à cela pour l'usage qui doit en être fait dans la suite. — Cette dernière formule donne donc :

$$(3) \log. V = \log. t + \frac{1}{2} \log. \left\{ 1 - \frac{4k (\log. t - \log. t_0)}{\log. A} \right\} + \log. (2,3026 \log. A)$$

En donnant à A , k et t_0 les valeurs qui conviennent aux diverses séries, on déduit facilement de (3) les vitesses du refroidissement pour les excès $t = 1^\circ$; $t = 2^\circ$, etc. au-dessus de la température ambiante.

Le tableau II donne les vitesses, pour les diverses valeurs entières de t , lorsqu'on utilise les constantes des deux séries précédentes I et II. La colonne t renferme les excès de température; les colonnes V , et $V_{,,}$, les vitesses déduites de (3) pour les séries I et II; la colonne M , les moyennes entre V , et $V_{,,}$, et la colonne E des nombres proportionnels à ceux de M , en choisissant comme unité la vitesse qui correspond à l'excès $t = 1^\circ$.

(Tableau II.)

9. La vitesse du refroidissement, pour un même excès t , varie évidemment avec les circonstances ambiantes; ainsi avec l'état plus ou moins agité de l'air et avec sa densité. Les observations de réflexion de chaleur par le lac

TABLEAU II.

t	V_1	V_{11}	M	E
1 ^o	0.160	0.161	0.16	1.00
2	0.358	0.362	0.36	2.25
3	0.568	0.575	0.57	3.56
4	0.786	0.793	0.79	4.93
5	1.005	1.017	1.01	6.31
6	1.235	1.246	1.24	7.75
7	1.468	1.479	1.47	9.18
8	1.700	1.715	1.71	10.68
9	1.937	1.955	1.95	12.18
10	2.175	2.195	2.19	13.68
11	2.416	2.435	2.43	15.18
12	2.656	2.680	2.67	16.68
13	2.900	2.925	2.91	18.18
14	3.145	3.171	3.16	19.72
15	3.390	3.420	3.40	21.26
16	3.636	3.670	3.65	22.81

ont toujours été faites par un temps très faiblement agité ou même calme; cependant, dès qu'on se trouve à l'air libre, il ne peut être question que d'un calme relatif, et il est hors de doute que la quantité de chaleur perdue par une boule, pour un excès déterminé, n'était pas exactement la même d'un jour à l'autre, ni même d'un moment à l'autre d'une même journée. Cette perte était plus grande dans un air plus agité ou plus dense (au niveau du lac) et plus faible dans un air tout à fait calme et moins dense (stations supérieures). Mais les deux boules, exposées l'une au soleil et au lac, l'autre au lac seulement, subissaient *en même temps* les influences qui modifiaient leur perte de chaleur; elles subissaient ces influences dans une mesure inégale et dépendant de leur excès de tem-

pérature. On peut admettre, approximativement au moins, que les vitesses de refroidissement se trouvaient diminuées ou agrandies simultanément et dans une proportion égale. En d'autres termes, les vitesses absolues du refroidissement pouvaient être assez fortement modifiées par les circonstances ambiantes; mais les *rapports* des vitesses, pour deux excès t_1 et t_2 , ne s'en trouvaient probablement pas changés d'une façon importante; et, dans la question présente, c'est le rapport des vitesses qu'il importe de connaître.

Les circonstances dans lesquelles ont été faites les observations de chaleur réfléchie par le lac ont été assez différentes d'une série à l'autre (voir § 18); elles ont également varié dans le courant d'une même série. Il ne pouvait d'ailleurs pas être question de rechercher directement, sur place, la loi du refroidissement applicable à chaque cas. Dans ces conditions, j'ai dû me borner à déterminer les vitesses du refroidissement dans des circonstances en quelque sorte moyennes, circonstances qui fournissent des valeurs absolues de V sûrement un peu différentes de celles sous l'influence desquelles les boules se refroidissaient à l'air libre; mais des valeurs telles que les *rapports* des vitesses, pour divers excès de température, diffèrent probablement peu de ces mêmes rapports lorsque les instruments étaient exposés à l'action du soleil et du lac (2).

(2) Je n'ai naturellement pas la pensée que ces *rapports* soient absolument constants pour des circonstances ambiantes très variées. Il s'agit seulement ici d'une approximation que les développements renfermés dans les pages suivantes rendront très probables, approximation due à ce que les excès de température sont toujours demeurés faibles, et à ce que les conditions ambiantes n'ont pas beaucoup varié.

La méthode même employée dans les présentes recherches,

La série I (§ 7) a été obtenue par le refroidissement de la boule dans une salle bien fermée, et où l'air demeurait parfaitement calme.

Lors de la série II, les fenêtres avaient été ouvertes, l'air était un peu agité. Le refroidissement a évidemment été moins régulier que dans la série I, ce que montrent les écarts entre les valeurs observées et calculées du tableau I. La vitesse du refroidissement, pour un même excès, est un peu plus grande dans la seconde série que dans la première; mais les *rapports* des vitesses, pour un même excès, diffèrent très peu d'une série à l'autre. — Dans plusieurs des observations faites en plein air et près du lac, l'atmosphère a été plus calme qu'elle ne l'était pour cette série II; d'autres fois, et surtout par moments, l'agitation était naturellement un peu plus grande.

Les valeurs moyennes de V, déduites des séries I et II (tableau II, colonne M) me semblent pouvoir être convenablement admises pour le calcul des observations faites en plein air et ce sont ces valeurs qui ont servi à calculer les quantités de chaleur des tableaux V à XXIII.

10. Afin de voir jusqu'à quel point les considérations qui précèdent sont admissibles et appuyées par des faits, j'ai calculé les vitesses du refroidissement pour *quelques* valeurs de t , d'après six autres séries obtenues dans la

méthode plus ou moins imposée par la nature du phénomène à étudier, ainsi que le mode de calcul destiné à déduire des observations faites la quantité de chaleur que réfléchit le lac, ne comporte évidemment pas une précision aussi grande que celle qui peut être atteinte dans beaucoup d'autres études. Sans prétendre à une exactitude numérique très avancée, les résultats que cette méthode et ces calculs ont permis d'obtenir, n'en sont pas moins suffisants pour autoriser quelques conclusions intéressantes.

même salle que I et II, mais dans des circonstances assez variables quant à l'état de repos et d'agitation de l'air.

J'ai cherché d'abord les constantes de la formule semblable à (1) qui convient le mieux à chacune de ces séries. Voici les valeurs de ces constantes, lesquelles diffèrent passablement d'une série à l'autre, parce que les températures initiales étaient différentes également. La colonne G renferme les températures ambiantes :

Série	t_0	k	log. A ^d	G
III	10°,20	0,0169	$\bar{1},8918$	17°,45
IV	11°,27	0,0133	$\bar{1},9045$	15°,42
V	10°,20	0,0096	$\bar{1},9069$	16°,12
VI	20°,66	0,0076	$\bar{1},9112$	14°,08
VII	15°,30	0,0105	$\bar{1},9122$	15°,68
VIII	18°,00	0,0099	$\bar{1},8984$	16°,35

Avec ces valeurs, et en appliquant la formule (3), on a obtenu les vitesses du refroidissement. — Le tableau suivant (tabl. III) renferme :

1) Les vitesses *absolues* pour des excès $t = 1, 4, 8, 12$ et 16° (colonnes $a, b \dots f$) ;

2) Les valeurs *relatives* de ces vitesses, en admettant comme unité la vitesse du refroidissement qui correspond à $t = 1^\circ$ (colonnes $a', b' \dots f'$) ;

3) Dans une dernière colonne (M), pour comparaison, les chiffres du tableau II se rapportant aux mêmes excès de température d'après les séries I et II précédemment rapportées.

TABLEAU III.

Excès t	III a	IV b	V c	VI d	VII e	VIII f	III a'	IV b'	V c'	VI d'	VII e'	VIII f'	M
1°	0°.155	0°.142	0°.163	0°.151	0°.158	0°.166	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4°	0.86	0.76	0.78	0.71	0.78	0.81	5.54	5.35	4.80	4.70	4.92	4.88	4.93
8°	1.93	1.68	1.67	1.52	1.69	1.74	12.45	11.83	10.25	10.07	10.69	10.47	10.68
12°	3.05	2.66	2.53	2.35	2.64	2.71	19.67	18.73	15.52	15.56	16.71	16.32	16.68
16°	...	...	...	3.21	3.62	3.70	...	...	...	21.26	22.91	22.29	22.81

On voit, en examinant les chiffres de ce tableau, que les vitesses absolues, pour un même excès de température, varient d'une série à l'autre; mais que les variations demeurent cependant renfermées entre des limites peu étendues. Il importe d'ailleurs d'avoir égard au renseignement suivant: la série III a été obtenue alors que les deux fenêtres de la chambre servant aux observations étaient ouvertes; il régnait, à l'extérieur, un vent assez fort et, dans la chambre même, l'air était par moments passablement agité, plus agité que dans un bon nombre des observations faites à l'air libre pour apprécier la réflexion du lac. Les chiffres de cette série, calculés d'après (1), offrent moins de régularité que d'autres, c'est-à-dire que les écarts entre l'observation et la formule sont parfois assez forts. On voit que les vitesses du refroidissement à 4, 8 et 12° dépassent sensiblement ceux des séries IV à VIII. Ces cinq dernières séries sont convenablement concordantes.

Il est à remarquer que le mode de calcul qui fournit les vitesses proportionnelles des colonnes $a'...f'$ donne une grande influence aux petites différences qu'il peut y avoir d'une série à l'autre pour les vitesses correspondant à l'excès 1°. Ainsi, pour la série IV, la formule donne 0°,142 pour vitesse à 1° et, à cause de cette valeur plus faible, les nombres correspondant à $t = 4, 8, 12^\circ$ de la colonne b' se trouvent sensiblement plus forts que ceux des autres séries, quoique les valeurs absolues des vitesses, pour ces excès-là, diffèrent peu.

En comparant V et VI, on voit que, dans cette dernière, la vitesse du refroidissement est toujours plus faible (colonnes c et d); mais les rapports des vitesses (colonnes c' et d') sont sensiblement les mêmes pour les deux séries. La

27 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 27
 même remarque s'applique à VIII comparé à VII ; à VIII comparé à VI ; etc. La série VI a été obtenue dans un air très calme, tandis que, pour la série VIII, une fenêtre était ouverte.

En résumé, la comparaison des nombres de la colonne **M** avec ceux des cinq séries IV à VIII me semble légitimer les considérations exposées plus haut (**9**), et l'on peut admettre que si les vitesses de refroidissement des boules varient sûrement suivant les circonstances ambiantes, les rapports des vitesses obtenues dans une même série diffèrent peu des mêmes rapports déduits d'une série différente. Cette conclusion cesserait sans doute d'être admissible ou elle serait moins exacte si les excès de température avaient été considérables ou si les circonstances ambiantes avaient beaucoup différé d'une série à l'autre.

11. Pour les excès de température inférieurs à 1° , lesquels se présentent assez fréquemment dans les observations de réflexion du lac, j'ai calculé un tableau spécial de dixième en dixième de degré, en opérant de la manière suivante. La vitesse correspondant à $0^{\circ},5$ a été calculée à l'aide de la formule pour les séries I et II. On obtient $0^{\circ},071$ et $0^{\circ},069$, soit en moyenne $0^{\circ},07$. En représentant par 1 la vitesse lorsque $t = 1^{\circ}$, on trouve ainsi que $v = 0,44$ lorsque $t = 0^{\circ},5$. Les vitesses correspondant à $0^{\circ},9$, $0^{\circ},8$, etc., ont été ensuite calculées en admettant un décroissement progressif de 1 à 0,44, puis de 0,44 à 0. On obtient de cette manière (en s'en tenant à deux décimales) les chiffres suivants qui peuvent

être considérés comme faisant suite à ceux du tableau I, colonne E ⁽³⁾.

⁽³⁾ Les expériences qui viennent d'être discutées et qui avaient pour but de connaître la loi du refroidissement, n'ont pas été exécutées en plein air. Elles ont été faites dans un local élevé, pourvu de deux fenêtres, tantôt ouvertes et tantôt fermées. — Les conditions ambiantes variaient très peu durant les quinze ou vingt minutes que durait une série, et l'excès de la température de la boule sur la température ambiante pouvait s'obtenir, pour chaque instant, avec une grande précision.

A l'air libre, il n'est pas possible d'avoir des résultats aussi réguliers. J'ai cependant essayé, plus d'une fois, de suivre le refroidissement dans des circonstances semblables à celles dans lesquelles les observations de réflexion du lac ont eu lieu ; mais j'ai obtenu des résultats assez différents les uns des autres et jamais une série bien régulière.

Voici un exemple d'observations faites dans un jardin, par un air convenablement calme et un ciel pur. — Les deux boules **B** et **C** étaient fixés à des piquets plantés sur la limite d'un sol gazonné et d'une allée recouverte de gravier. La boule **B** était protégée par un écran et donnait la température de l'air ; la boule **C** était découverte et exposée au rayonnement du soleil. Lorsque le thermomètre eût cessé de monter, on plaça devant **C** un écran semblable à celui de **B**, puis on observa le refroidissement de minute en minute.

Pendant le refroidissement, le thermomètre de **B** a été noté à plusieurs reprises ; il a un peu varié. La moyenne des lectures est 14°,84 ; les observations isolées s'écartent, au maximum, de 0°,18 de cette quantité-là. Ces écarts prouvent que la température de l'air variait un peu ; une des causes du refroidissement n'est donc pas demeurée constante, et le phénomène doit s'en trouver plus compliqué.

Au début, **C** avait un excès de 12°,55. La température a peu changé dans la première demi-minute ; c'est dû sans doute à ce que le thermomètre intérieur demeure un peu en retard sur la variation de température de l'enveloppe métallique. Les observations ont été commencées environ deux minutes après le moment où l'action du soleil a été supprimée.

La marche du thermomètre de **C** a été représentée graphiquement ; elle a fourni une courbe un peu irrégulière. En traçant à vue une ligne qui suivait la courbure générale accusée par les observations brutes, mais qui en rectifiait les anomalies, j'ai obtenu une courbe qui ressemblait assez convenablement à celles

TABLEAU IV.

Excès de temp ^t	Vitesse du refroid.	Excès de temp ^t	Vitesse du refroid.
1°.0	1.00	0°.5	0.44
0.9	0.88	0.4	0.34
0.8	0.76	0.3	0.24
0.7	0.65	0.2	0.16
0.6	0.54	0.1	0.08

de la Pl. I. En cherchant les ordonnées de cette courbe moyenne pour les minutes successives, j'ai obtenu les nombres de la colonne T du tableau Z. Ces nombres diffèrent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre de ceux qui avaient été réellement observés. Les écarts ne dépassent cependant jamais 0°,20.

J'ai cherché à représenter la suite de ces excès de température par une formule analogue à (1). En utilisant les observations de 4 et de 11 minutes, on trouve les constantes k et A et la formule devient :

$$(a) \quad t = 8,072. \quad 0,7745\theta - 0,016\theta^2$$

La colonne T, renferme les valeurs *calculées* de t . En les comparant avec celles qui proviennent des observations, on voit que la formule représente d'une manière approximative la marche du refroidissement ; mais on aperçoit cependant des écarts bien plus considérables que ceux du tabl. I.

En utilisant la formule (3) et prenant les constantes renfermées dans (a), j'ai calculé la vitesse du refroidissement pour les divers excès de $t = 1^\circ$ à $t = 12^\circ$. On trouvera dans le tableau Z les vitesses absolues M , et les vitesses relatives E_r . — On voit que les vitesses absolues sont un peu plus fortes que celles des diverses séries précédemment rapportées (I à VIII) ; elles diffèrent peu cependant de la série III. Quant aux vitesses relatives, elles sont un peu plus fortes également que celles du tableau II (E).

12. Toutes les recherches dont il vient d'être question, au sujet de la vitesse du refroidissement des boules, ont été faites dans des conditions assez peu variables de température et de pression ambiantes. La pression a toujours été assez rapprochée de 720^{mm} (écarts maxima :

Ainsi, pour $t = 2^{\circ}$,	la différence est 0,06 soit $\frac{1}{38}$
» $t = 3^{\circ}$,	» » 0,19 » $\frac{1}{19}$
» $t = 5^{\circ}$,	» » 0,51 » $\frac{1}{13}$
» $t = 10^{\circ}$,	» » 1,29 » $\frac{1}{11}$
» $t = 12^{\circ}$,	» » 1,76 » $\frac{1}{10}$

Les vitesses E sont, en revanche, bien concordantes avec celles des séries III et IV (Tabl. III, a' et b').

En admettant que les nombres M, du tableau Z représentent exactement les vitesses du refroidissement pour les divers excès de température dans l'expérience faite en plein air, on voit que l'emploi des nombres E du Tabl. II ferait apprécier audessous de sa vraie valeur la quantité de chaleur solaire capable d'entretenir un excès donné de température. On voit, en même temps, quelle serait l'importance de l'erreur commise ; — cette erreur serait faible pour des excès ne dépassant pas 2 à 3° ; elle deviendrait $\frac{1}{10}$ de la quantité à apprécier pour un excès de 12°.

Mais il ne faut pas oublier que la formule (a) ne représente pas très bien les résultats des observations ; un petit changement dans les constantes A et k donnerait une formule qui n'offrirait pas des écarts plus grands que celle-là et ces nouvelles constantes, introduites dans (3), fourniraient des vitesses de refroidissement un peu différentes de celles qui ont été obtenues, et plus concordantes avec celles de M, Tabl. II.

En somme, et vu la difficulté de rencontrer à l'air libre des conditions ambiantes suffisamment constantes pendant le temps qu'exige une série d'observations de refroidissement, il me paraît bien préférable d'arriver à la loi du refroidissement par des observations comme celles qui ont été décrites au § 6. On obtient ainsi des valeurs qui ne diffèrent pas plus de celles qui s'appliquent à l'air libre, que ces dernières ne diffèrent les unes des autres.

Dans la question présente d'ailleurs, le but était de connaître le rapport entre les vitesses du refroidissement pour des excès t_1 et t_2 de température observés au même instant avec les deux

34 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 31
 ± 6 à 8^{mm}). Quant à la température ambiante, elle a été
très près de 15° pour les séries I et II et peu éloignée de
ce chiffre-là pour les autres séries.

Les observations faites en vue de connaître la chaleur
réfléchie par le lac ont eu lieu dans des circonstances
parfois assez différentes de température ambiante et de
pression, et il est important de voir quelle influence ces
deux facteurs peuvent exercer sur le *rapport* des vi-
tesses.

boules B et C, placées près l'une de l'autre, dans des conditions
semblables. — Pour atteindre ce but, il fallait, ou étudier le
refroidissement simultané de deux boules ayant deux excès dif-
férents, ou le refroidissement d'une boule unique, pourvu que
les conditions ambiantes demeurent convenablement constantes
pendant toute la durée du refroidissement. C'est ce dernier
moyen que j'ai cherché à pratiquer dans les expériences qui ont
été décrites précédemment.

TABLEAU Z.

EXCÈS DE TEMPÉRATURE			VITESSE DU REFROIDISSEMENT		
Temps	T	T _i	Excès	M _i	E _i
0 ^m	8 ^o .72	8 ^o .72	1 ^o	0 ^o .173	1 ^o .00
1	6.64	6.78	2	0.40	2.31
2	5.25	5.31	3	0.65	3.75
3	4.12	4.20	4	0.92	5.31
4	3.35	3.35	5	1.18	6.82
5	2.70	2.69	6	1.46	8.44
6	2.26	2.18	7	1.73	10.00
7	1.87	1.78	8	2.00	11.56
8	1.58	1.47	9	2.30	13.29
9	1.28	1.22	10	2.59	14.97
10	1.06	1.02	11	2.89	16.70
11	0.86	0.86	12	3.19	18.44
12	0.69	0.74			
13	0.58	0.63			

Dans les diverses stations, à altitudes inégales, où l'on a observé la réflexion du lac, la pression de l'air a varié de 1,019 dans les stations les plus basses (au bord du lac) à 0,977 dans la station la plus élevée (Chexbres); 1,000 représentant la pression de l'air à Lausapne, lors des expériences faites pour trouver la loi du refroidissement.

L'influence de la pression sur la vitesse du refroidissement a été découverte par Dulong et Petit. Ces auteurs ont trouvé que le pouvoir refroidissant d'un gaz est proportionnel à une certaine puissance de son élasticité. Pour l'air, l'exposant de la puissance est 0,45, et, dans l'expression générale de la vitesse du refroidissement, le second terme (celui qui représente l'action refroidissante du gaz) renferme le facteur $p^{0,45}$. Si l'on applique cette loi au cas présent, on trouve sans peine que le pouvoir refroidissant de l'air étant 1,000 sous la pression 720^{mm}, il est 1,009 au niveau du lac et 0,991 à Chexbres. Ces valeurs diffèrent peu les unes des autres et le changement qu'elles apportent dans la vitesse du refroidissement, calculée à l'aide de la formule dont il va être question plus bas, est tout à fait négligeable. Les rapports entre les vitesses, ainsi faiblement modifiées par la pression du gaz, sont eux-mêmes moins modifiés encore, et il n'y a pas lieu de tenir compte de cette influence-là dans l'ordre d'approximation que les présentes recherches peuvent atteindre.

Dans leurs études classiques⁽⁴⁾ sur le refroidissement, Dulong et Petit ont trouvé quelle est l'influence de la température de l'enceinte. Ils ont établi que la vitesse du re-

(4) *Annales de chimie et de physique*, t. VII (1817).

froidissement dépend de cette température et que, pour un même excès t , la vitesse du refroidissement du corps augmente lorsque l'enceinte est de plus en plus chaude. Mais cette influence s'exerce seulement sur la portion de la chaleur qui se perd par rayonnement; la perte de chaleur due au contact du gaz est indépendante de la température absolue de ce gaz et ne dépend que de l'excès de la température du corps qui se refroidit.

Il n'est pas possible d'identifier les conditions bien connues dans lesquelles Dulong et Petit ont fait leurs expériences avec celles dans lesquelles se trouvaient placées mes boules exposées à l'air libre ou à l'air renfermé dans une chambre. A l'air libre, il n'y avait pas une enceinte déterminée et homogène autour du corps en voie de refroidissement. Les boules rayonnaient vers le ciel, vers la terre et vers tous les corps avoisinants. Dans les expériences faites pour trouver la loi du refroidissement, l'enceinte était la surface intérieure (murs, plafond, fenêtre parfois ouverte, etc.) de la chambre. — Malgré cette différence de conditions, il m'a paru intéressant de voir jusqu'à quel point la formule générale de Dulong et Petit s'appliquerait aux résultats que j'ai obtenus.

On sait que, d'après ces auteurs, la vitesse totale du refroidissement d'un corps dans l'air est exprimée par la formule :

$$(4) \quad V = m a^u (a^t - 1) + n p^{0,45} t^{1,233}$$

a , le même pour tous les corps, est 1,0077; p est la pression de l'air; u , la température de l'enceinte; t , l'excès, à chaque instant, de la température du corps qui se refroidit; m et n , des constantes dépendant du corps.

Prenant dans le tableau II deux vitesses quelconques correspondant à deux excès, il faut les introduire

dans la formule (4) pour chercher les constantes. J'ai choisi les excès 5 et 12° pour lesquels les vitesses sont 1,01 et 2,67. En faisant les calculs, on trouve : $m = 13,62$ et $n = 0,066$. La formule (4) devient :

$$(5) \quad V = 13,62 \cdot 1,0077^u (1,0077^t - 1) + 0,006 \cdot 0,72^{0,45} \cdot t^{1,233}$$

Dans l'impossibilité d'avoir la température de l'enceinte proprement dite, j'ai pris pour u la température de l'air au milieu duquel le refroidissement se faisait, c'est-à-dire 15°, et la formule est alors immédiatement calculable pour toutes les valeurs de l'excès t . On trouvera dans le tableau ci-dessous (tabl. II) : — les vitesses M du tableau II telles qu'elles résultent des séries I et II calculées par la formule (3) ; — les vitesses (colonne P_i) calculées à l'aide de la formule de Dulong et Petit.

TABLEAU H.

Excès t	M	P_i $u = 15^\circ$	P_{ii} $u = 5^\circ$	P_{iii} $u = 25^\circ$
1°	0°.16	0°.174	0°.166	0°.184
2	0.36	0.37		
3	0.57	0.57		
4	0.79	0.79		
5	1.01	1.01	0.98	1.05
6	1.24	1.24		
7	1.47	1.47		
8	1.71	1.70		
9	1.95	1.94		
10	2.19	2.19	2.10	2.28
11	2.43	2.43		
12	2.67	2.67		
13	2.91	2.93		
14	3.16	3.20		
15	3.40	3.46	3.32	3.57

L'accord est très satisfaisant et dépasse ce que j'avais supposé. Il est assurément remarquable de voir avec quelle exactitude la formule générale de Dulong et Petit représente le refroidissement de mes boules, au moins dans les limites comprises entre les excès 1 et 15°. Cette concordance augmente évidemment la confiance que l'on peut avoir dans les chiffres M et prouve aussi, après coup, l'exactitude des mesures thermométriques qui ont servi à les déterminer ⁽⁵⁾.

Puisque la formule générale (5) représente si bien le refroidissement des boules dans une enceinte où $u = 15^\circ$, on peut, à bon droit, l'utiliser pour voir ce que serait le

⁽⁵⁾ Les conditions dans lesquelles Dulong et Petit ont fait les expériences qui les ont conduits à la formule (4) diffèrent beaucoup de celles dans lesquelles j'ai opéré. Non seulement il y avait une énorme différence dans la dimension et la nature de l'enceinte; mais encore le corps, en voie de refroidissement, était tout autre. Dulong et Petit ont opéré avec des thermomètres, c'est à dire avec des vases à parois solides contenant un liquide; tandis que, dans mes observations, le corps qui se refroidissait était lui-même une enceinte métallique remplie d'air, renfermant en son milieu le thermomètre à petite cuvette qui indiquait la température. Il est remarquable que, malgré ces différences importantes, la formule (4) s'applique aussi bien aux résultats obtenus.

Je pensais que l'état de l'air autour des boules en voie de refroidissement devait différer assez de ce qu'il était dans l'enceinte de Dulong et Petit pour rendre improbable une application un peu exacte de leur formule. Dans mes observations, en effet, l'air n'a pas été rigoureusement calme; il l'était sûrement beaucoup moins que dans l'enceinte fermée qui a servi à obtenir la formule (4). Dans la série II surtout, alors qu'une fenêtre était ouverte, il y avait un peu de courant autour de la boule. Ce courant, il est vrai, était assez constant, assez uniforme pendant toute la série. Il semblerait ainsi que lorsque l'agitation de l'air ne devient pas trop grande et lorsqu'il s'agit d'un refroidissement où l'excès de température est peu considérable, cette agitation n'influe pas d'une manière très importante sur la loi du refroidissement.

refroidissement avec des valeurs différentes de u . Les observations qui sont données avec détail dans les tableaux V à XXIII montrent que la température ambiante a été, le plus souvent, voisine de 15° ; les valeurs les plus extrêmes, en plus et en moins, dans les moments où a été appréciée une réflexion du lac, sont $25^{\circ},8$ et $2^{\circ},5$. Mais ces valeurs extrêmes ne se présentent que très rarement ou même une seule fois. Dans la grande majorité des cas, la température ambiante est comprise entre 10 et 20° . Cette température ambiante ne peut pas nécessairement être identifiée avec la valeur u de la formule de Dulong et Petit, laquelle est la température de l'enceinte, de dimension restreinte, vers laquelle le corps rayonnait; toutefois, si l'on prend garde à la concordance remarquable que fournit (5) en y introduisant pour u la température de l'air ambiant, on peut admettre que, en faisant u égal à 25 et à 5° , on aura, d'une manière fort approchée aussi, les vitesses du refroidissement des boules alors que l'air ambiant aurait été à 5 et à 25° .

La formule (5) a donc été calculée pour les cinq excès $1, 5, 10$ et 15° dans les deux hypothèses de $u = 5^{\circ}$ et $u = 25^{\circ}$. Les résultats se trouvent dans les deux colonnes P_u et P_m du tableau H. On voit que les vitesses sont un peu différentes de celles qui correspondent à $u = 15^{\circ}$. Il s'agit maintenant de rechercher quelle influence ces diverses valeurs de u exercent sur le rapport des vitesses, puisque c'est ce rapport qui sert de base au calcul de la quantité de chaleur. En nommant 1 la vitesse pour $t = 1^{\circ}$ dans les trois cas de u égal à $5, 15$ ou 25° , on trouve, pour les vitesses, les valeurs que voici ⁽⁶⁾:

⁽⁶⁾ Les chiffres relatifs à $u = 15^{\circ}$ diffèrent un peu des chiffres E, tableau II. En voici la cause.

excès	$u = 5^{\circ}$	$u = 15^{\circ}$	$u = 25^{\circ}$
1°	1,00	1,00	1,00
5°	5,91	5,80	5,71
10°	12,65	12,58	12,39
15°	20,02	19,87	19,40

Si l'on compare ces rapports, pour un même excès t° , alors que $u = 25$ et $u = 15^{\circ}$, on voit qu'ils diffèrent de 2 à 3 centièmes de leur valeur; pour $u = 5$ et $u = 15^{\circ}$, ils diffèrent entr'eux d'une quantité plus petite encore. Mais les limites 5 et 25° sont, je l'ai dit, très rares dans les observations faites près du lac; la plupart du temps, u est compris entre 10 et 20° . Pour ces valeurs, moins éloignées de 15° , les différences des rapports seront plus faibles encore que celles qui viennent d'être indiquées.

Les considérations qui précèdent autorisent, je pense, la conclusion suivante : les valeurs M du tableau II, se rapportant à un refroidissement dans une température ambiante de 15° et une pression de 720^{mm}, peuvent s'employer, avec une approximation suffisante, pour le refroidissement des boules dans les conditions ambiantes

La formule (5) donne des résultats qui, on l'a vu, coïncident bien, d'une manière générale, avec ceux qui ont été obtenus par la formule (3). Il y a cependant quelques divergences, pour $t = 1^{\circ}$ entre autres, où la formule (3) donne 0,160 et la formule (5), 0,174. Cette valeur étant choisie comme unité, cela change un peu les *rapports* des vitesses pour un excès quelconque t° .

Or, comme les vitesses du refroidissement pour $u = 5^{\circ}$ et $u = 25^{\circ}$ n'ont pas été déterminées expérimentalement, mais s'obtiennent à l'aide de la formule (5), il fallait évidemment, pour les *comparer* avec les vitesses provenant de $u = 15^{\circ}$, prendre ces dernières également d'après la formule plutôt que d'après les observations directes.

de température et de pression où ont été faites les expériences à l'air libre.

Stations. — Mesure de la hauteur du soleil.

13. La rive suisse du lac Léman offre plusieurs points très favorablement situés pour observer la chaleur réfléchie par la surface de l'eau et pour recevoir cette chaleur durant quelques heures successives, c'est-à-dire avec des hauteurs et des azimuts variables du soleil.

J'ai observé dans six stations placées à des distances variables du lac et à des altitudes assez différentes. Le choix de ces stations a d'ailleurs été aussi influencé par la circonstance qu'elles étaient accessibles sans une trop grande perte de temps et que les instruments pouvaient y être convenablement installés.

Ouchy. Les observations ont été faites sur le quai faisant face au sud-ouest, près de l'extrémité ouest, la plus voisine de l'usine à gaz. Les piquets portant les boules étaient plantés dans un sol sablonneux et séparés de la surface de l'eau par quelques gros cailloux destinés à briser le choc des vagues. Les boules étaient à 2^m,50 au-dessus du niveau du lac et à une distance horizontale de 4^m,40 à 5^m,00 du bord de l'eau.

Tour Haldimand. Dans cette station, voisine d'Ouchy, à l'orient, les appareils ont été aussi rapprochés que possible du lac. Les piquets étaient plantés dans le rivage sablonneux, à l'ouest de la tour, près de l'embouchure du petit torrent la Vuachère. Hauteur des boules au-dessus du niveau de l'eau : 1^m,30 ; distance horizontale jusqu'au bord du lac : 0^m,70 à 0^m,90. A cause de cette

grande proximité, les piquets porteurs des écrans ont dû être plantés dans le lac même.

La Vuachère. Cette station est la plus éloignée du lac en distance horizontale et les rayons réfléchis ne pouvaient l'atteindre que lorsque le soleil était près de se coucher. Les observations ont été faites en plein hiver; c'est le seul moment de l'année où les rayons solaires, vers la fin de la journée, donnent une réflexion dirigée vers la Vuachère. Les instruments ont été installés dans une vigne au-dessus du chemin qui se dirige, à l'orient de Lausanne, du côté de Belmont. Le nivellement, relativement à un point voisin dont la cote est connue, m'a permis de connaître l'altitude au-dessus du lac, laquelle est 140^m. Quant à la distance horizontale jusqu'au bord de l'eau, dans la direction moyenne des divers azimuts du soleil, alors que les rayons réfléchis pouvaient atteindre les boules, elle est approximativement de 1600^m.

Dézaley. C'est la station où a été fait le plus grand nombre de séries, dans des conditions atmosphériques parfois excellentes. Les instruments étaient installés dans un petit jardin, au nord-ouest de la maison du vigneron, jardin entièrement environné de vignes. L'altitude a été déterminée directement par un nivellement et a été trouvée égale à 61^m,95. Cette valeur pouvait éprouver d'ailleurs une petite variation dans les divers jours d'observations à cause d'un changement dans le niveau du lac. ⁽⁷⁾

⁽⁷⁾ Pour les stations d'Ouchy et de la tour Haldimand, la hauteur des boules au-dessus de la surface de l'eau a été mesurée le jour même des observations; elle est donc exacte. — La hauteur des autres stations étant beaucoup plus considérable, cette mesure n'a pas pu être faite chaque fois. On sait que le niveau du lac n'est pas constant, mais la variation est faible et

De la station même, on ne voit pas le rivage du lac. Le rayon visuel aboutissant à la surface liquide, dans les points les plus voisins possibles, est tangent à des murs de soutènement de vignes. Ce rayon visuel fait un angle de 24 à 26° avec l'horizon dans les divers azimuts où les rayons solaires pouvaient se réfléchir. Cela correspond à une distance horizontale de 120 à 135 mètres.

Rivaz. Les observations ont été faites dans une vigne située au bord du chemin qui conduit de Rivaz au signal de Chexbres. En ce point, on est au-dessus de parois rocheuses ou de vignes qui descendent en forte pente jusqu'au lac.

Le nivellement, jusqu'à la gare de Rivaz, a donné $79^m,5$ au-dessus des rails, lesquels étaient à environ 5 mètres au-dessus du niveau de l'eau à l'époque où les observations ont été faites. L'altitude de la station, relativement au lac, est ainsi d'environ $84^m,5$. La distance horizontale jusqu'au bord du lac, dans l'azimut où les rayons réfléchis du soleil commençaient à pouvoir atteindre les instruments, est d'environ 107 mètres. Le rayon visuel allant de la station au bord du lac, dans cet azimut-là, fait avec l'horizon un angle de 38° .

Signal de Chexbres. C'est la station la plus élevée. Les instruments étaient installés dans un pré situé entre le signal et l'hôtel. De ce point, le coup d'œil est ravissant; quelques broussailles voisines dérobent la vue des vignes qui s'étagent jusqu'au lac et le regard plonge, sans aper-

n'est qu'une petite fraction des altitudes indiquées pour Rivaz, le Dézaley, Chexbres et la Vuachère. Il n'y a évidemment pas lieu de tenir compte ici de cette petite différence.

41 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 41
cevoir d'intermédiaires, jusqu'à la surface bleu foncé du grand bassin d'eau.

J'ai déterminé l'altitude à l'aide du baromètre. En basant le calcul sur la moyenne de trois observations faites simultanément près des instruments et à Lausanne (à une altitude connue) on trouve 263 mètres pour hauteur de la station au-dessus du lac. — A cause des arbres et des broussailles qui garnissent les parties supérieures du versant de la colline, les instruments ne pouvaient pas voir le bord même du lac. Les rayons réfléchis du soleil ne pouvaient commencer à les atteindre que sous un angle d'environ 34° . La distance horizontale, de la station au point où la réflexion pouvait commencer, est d'environ 400 mètres. (*)

14. La quantité de chaleur que réfléchit une surface d'eau dépend évidemment de l'angle sous lequel tombent les rayons solaires. Il est donc intéressant de placer, en

(*) Les séries d'observations faites dans les stations qui viennent d'être indiquées ne sont pas aussi nombreuses que je l'aurais voulu. Leur nombre s'est trouvé limité par les conditions mêmes dans lesquelles il était nécessaire d'opérer. — Les séries utiles et dont les résultats sont inscrits dans les tableaux qui suivent ont toujours été obtenues par un temps favorable, c'est à dire un ciel partiellement ou complètement pur, une atmosphère convenablement calme et un lac calme ou faiblement agité. Mais ces jours de travail utile ne sont naturellement pas les seuls où des observations ont été tentées. Plus d'une fois, l'apparence du temps était assez bonne pour me décider à partir; mais ce n'était qu'une apparence trompeuse et l'arrivée de quelques nuages ou d'un courant d'air un peu fort venait rendre impossible les observations projetées. En outre, j'ai fait dans chaque station une série d'essais préliminaires destinés à me renseigner sur l'installation la plus favorable des appareils et sur les déplacements que devraient subir les écrans pour suivre convenablement la marche du soleil.

regard des quantités de chaleur réfléchie, l'incidence des rayons. Cette incidence, variable avec l'heure, n'est autre chose que la hauteur angulaire du soleil au moment où se fait l'observation.

J'aurais pu déterminer directement, lors de chaque observation, la hauteur du soleil. Mais cette opération, sans être compliquée, aurait exigé un certain temps et il m'a paru préférable de n'être distrait par rien et d'avoir exclusivement à suivre la marche des thermomètres. J'ai donc mieux aimé déduire, après coup, la hauteur du soleil de l'heure à laquelle l'observation était faite. — L'heure de chaque observation était notée sur une bonne montre ordinaire, qui avait été réglée le jour même par l'observation du passage du soleil au méridien. Ce passage du soleil était constaté à l'aide d'un petit appareil méridien, installé chez moi, qui permettait de noter le moment du midi vrai avec une incertitude sûrement inférieure à 20 secondes. Comme contrôle, j'ai employé à diverses reprises un sextant pour déterminer l'heure d'après la hauteur du soleil ou d'une étoile. J'ai eu ainsi la certitude que la montre employée marchait avec une régularité très-suffisante et l'heure de chaque observation pouvait être connue sans que l'erreur atteignît une demi-minute.

Quoique les diverses stations fussent peu éloignées de Lausanne, j'ai toujours noté le *temps moyen* de chacune d'elles en tenant compte de leur longitude. Rivaz, la station la plus éloignée, est à 8' de longitude est de Lausanne.

La hauteur du soleil a été déduite de l'heure de l'observation à l'aide de la formule connue. Soient : a la distance zénithale du soleil; b sa distance au pôle; c la

43 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 43
distance du pôle au zénith; A l'angle au pôle du triangle sphérique, on a :

$$\cos. a = \cos. b \cos. c + \sin. b \sin. c \cos. A$$

a est complément de la hauteur de l'astre h ; b de sa déclinaison d et c de la latitude du lieu l . On a donc :

$$(6) \quad \sin. h = \sin. d \sin. l + \cos. d \cos. l \cos. A$$

C'est la formule qu'il s'agit d'appliquer aux observations. Afin de rendre le calcul, qui devait se répéter un grand nombre de fois, plus expéditif, l'équation (6) a été mise sous la forme :

$$(7) \quad \sin. h = \cos. d \cos. l (\text{tang. } d \text{ tang. } l + \cos. A)$$

J'ai dressé une table du produit $\text{tang. } d \text{ tang. } l$ pour toutes les valeurs de $\text{tang. } d$ qui correspondent aux jours d'observations. Une autre table renfermait les diverses valeurs de la somme $\log. \cos. d + \log. \cos. l$ pour les diverses valeurs de d également. ⁽⁹⁾

Ces deux tables étant préparées, les calculs s'effectuaient rapidement.

L'angle A résultait de l'heure de l'observation exprimée en temps vrai. $\cos. A$ (ligne naturelle) était ajouté à $\text{tang. } d \text{ tang. } l$ tiré de la première table. On prenait le logarithme de la somme et on l'ajoutait à $\log. \cos. d + \log. \cos. l$ pris dans la deuxième table. On avait ainsi $\log. \sin. h$ et par suite h .

15. On se rend facilement compte de l'erreur due à ce que les diverses stations ne sont pas exactement à la

⁽⁹⁾ La déclinaison introduite dans la formule est celle du jour de l'observation à quatre heures après midi.

latitude de $46^{\circ} 30'$ pour laquelle les tables ont été construites. — En différentiant (7), on a :

$$(8) \quad dh = \frac{\sin. d \cos. l - \cos. d \sin. l \cos. A}{\cos. h} dl$$

On voit que la différence de hauteur qui provient d'une petite variation dl en latitude dépend de la hauteur absolue que l'on considère, de la déclinaison et de l'angle au pôle, par conséquent de l'heure. La valeur de h qui s'obtient en employant les tables est donc entachée d'une erreur qui n'est pas toujours la même lorsque au lieu d'être à $46^{\circ} 30'$, on est à une latitude différente.

Les diverses stations déjà mentionnées, Ouchy, Dézaley, etc., sont à des latitudes si voisines, en plus ou en moins, de $46^{\circ} 30'$, que la différence est, pour toutes, inférieure à $0^{\circ} 02'$. Cela étant, on s'assure sans peine, à l'aide de la formule (8), que cette petite variation correspond à une variation sur la hauteur du soleil qui est toujours inférieure à $0^{\circ} 02'$ également. L'approximation est donc pleinement suffisante.

Pour se rendre compte de l'influence d'une erreur dans l'appréciation du temps de l'observation, il faut différencier (7) en considérant A comme variable. On a :

$$(9) \quad dh = - \frac{\cos. d \cos. l \sin A}{\cos. h} dA$$

En admettant que l'on commette, par exemple, une erreur d'une minute sur le temps ou de $0^{\circ} 15'$ de l'angle au pôle, on trouve facilement l'erreur correspondante de h . La formule (9) montre que, pour une même varia-

45 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 45

tion de 1^m sur le temps, la variation de h dépend de la déclinaison et de la hauteur absolue au moment que l'on considère. Voici ce que donne le calcul de (9) pour quatre cas extrêmes : Soit

$$d = DB 20^{\circ} \dots A = 15^{\circ}; \text{ on a } dh = -0,34 dA = -0^{\circ}05'$$

$$d = DB 20^{\circ} \dots A = 75^{\circ}; \quad \gg \quad dh = -0,69 dA = -0^{\circ}10'$$

$$d = DA 20^{\circ} \dots A = 15^{\circ}; \quad \gg \quad dh = -0,18 dA = -0^{\circ}03'$$

$$d = DA 20^{\circ} \dots A = 60^{\circ}; \quad \gg \quad dh = -0,56 dA = -0^{\circ}08'$$

On voit ainsi que, dans le cas le plus défavorable (et qui ne s'est jamais rencontré dans les présentes recherches), une erreur de 1^m dans l'appréciation du temps correspondrait à 0^o10' dans la hauteur de l'astre.

Afin d'avoir la vraie hauteur du soleil à un moment donné, il faut encore corriger les valeurs trouvées par le calcul qui vient d'être indiqué de la réfraction atmosphérique. Cette réfraction est donnée par des tables connues et la correction a été faite pour obtenir les hauteurs vraies qui se trouvent (colonne H) dans les tableaux V à XXIII.

16. Dans le cas où la chaleur se réfléchirait sur la surface de l'eau comme sur un miroir parfaitement plan, le point de réflexion dépendrait évidemment de la hauteur du soleil au moment que l'on considère et de l'altitude de la station au-dessus du niveau de l'eau. En réalité, le lac n'étant jamais une surface parfaitement plane, les rayons réfléchis qui aboutissaient aux thermomètres provenaient d'une bande plus ou moins longue et plus ou moins large dont la ligne moyenne était l'intersection, avec la surface de l'eau, du plan vertical dans lequel se trouvait le soleil.

Mais la région qui réfléchissait, le plus souvent au moins, la plus forte proportion de la chaleur incidente, c'est celle

où se serait vue une image nette de l'astre si le lac eût été un miroir. Cette région de réflexion maximum était située d'une manière telle que les lignes qui y aboutissaient, du soleil et de la station, faisaient à chaque instant, avec la surface de l'eau, des angles égaux entre eux et égaux à la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

Si, à un moment donné, H est la hauteur du soleil, Z l'altitude de la station et D la distance qui sépare la station du point de réflexion sur le lac, on a évidemment :

$$(10) \quad D = \frac{Z}{\sin. H}$$

Cette distance D est celle que les rayons réfléchis ont à parcourir pour aboutir aux appareils (dans le cas d'une réflexion régulière) et il y a un grand intérêt à voir quelle peut être son influence dans le phénomène dont il est ici question.

Observations.

17. Les développements qui précèdent se rapportent tous à la méthode employée dans les présentes recherches pour mesurer la chaleur réfléchie, et pour déterminer les divers éléments qui doivent être pris en considération. Ce qui va suivre comprend le détail des observations et la discussion des résultats obtenus.

On trouvera le détail des observations dans les tableaux V à XXIII.

La première colonne indique l'heure, en temps moyen de la station. — La colonne H donne la hauteur du soleil obtenue par le calcul qui a été indiqué plus haut. — La

colonne D renferme la distance de la station au point du lac pour lequel les angles d'incidence et de réflexion sont égaux [formule (10)]. — Les colonnes C, B, A renferment les températures indiquées par les thermomètres des trois boules désignées jusqu'ici par les mêmes lettres ; les températures C sont dues à la chaleur directe et à la chaleur réfléchie du soleil ; B, à la chaleur réfléchie seulement. A est la température ambiante.

Les excès de C et de B sur A ont servi, conformément à la méthode exposée plus haut, à calculer la quantité de chaleur reçue par les boules, en adoptant toujours pour unité la chaleur qui est capable de maintenir un excès de 1° sur la température ambiante.

Les excès de C ont fourni la somme P, de la chaleur directe et de la chaleur réfléchie ; les excès de B ont donné la chaleur réfléchie P', seule. La quantité $P - P' = S$ est donc la chaleur rayonnée directement par le soleil à un moment donné ; elle est inscrite dans les colonnes S. — En divisant P' par S, on obtient le *rapport* entre la chaleur réfléchie par le lac et la chaleur directe. Ce rapport est contenu dans les colonnes L.

TABLEAU V. — Ouchy, 12 Septembre 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
3 h. 07 ^m	31,34	4,9 ^m	25,9	19,7	19,6	8,01	0,01
3—37	27,02	5,6	25,3	19,4	19,0	7,83	0,04
3—52	24,40	6,0	25,5	19,6	18,9	7,95	0,08
4—07	22,14	6,6	25,5	19,8	19,0	7,69	0,10
4—22	19,48	7,5	25,0	19,8	18,8	7,04	0,14
4—37	17,17	8,1	25,2	20,0	18,7	7,08	0,19
4—52	14,46	10,0	24,6	19,8	18,3	6,57	0,25
5—04	12,44	11,5	28,5	21,3	18,8	10,33	0,28
5—12	11,22	12,9	25,7	20,3	18,2	7,55	0,31
5—22	9,39	15,2	23,6	19,5	17,6	5,63	0,38
5—35	7,27	19,4	22,3	18,7	16,7	4,81	0,46
5—42	6,17	23,6	20,9	18,1	16,1	3,78	0,59
5—52	4,38	33,0	19,5	17,3	15,5	2,93	0,68

TABLEAU VI. — Ouchy, 14 Septembre 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
4 h. 20 ^m	19,39	6,0 ^m	30,1	23,5	22,4	8,98	0,14
4—33	17,29	6,9	28,1	22,8	21,7	7,20	0,16
4—50	14,38	8,4	27,5	22,6	21,5	6,63	0,17
5—03	12,25	10,0	26,7	22,3	21,0	5,92	0,23
5—25	8,40	16,8	23,8	21,2	20,2	3,36	0,30

TABLEAU VII. — Ouchy, 15 Septembre 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
3 h. 35 ^m	26,34	5,6 ^m	31,4	22,3	21,9	12,59	0,03
4—05	21,50	6,8	29,0	21,7	21,2	9,94	0,04
4—35	16,53	8,7	28,8	22,1	20,5	9,38	0,19
4—50	14,22	10,3	28,4	22,1	20,3	8,83	0,23
5—05	11,51	12,8	27,1	21,7	19,8	7,55	0,27
5—18	9,38	15,3	25,8	21,0	19,5	6,57	0,25
5—30	7,36	19,5	24,2	20,2	19,0	5,36	0,23
5—43	5,05	29,8	23,0	20,0	19,0	3,93	0,25
5—56	3,14	48,3	20,9	18,8	17,9	2,68	0,33

TABLEAU VIII. — Ouchy, 20 Septembre 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
3 h. 31 ^m	25,37	5,8 ^m	31,7	24,7	23,9	9,62	0,08
3—46	23,18	6,4	32,2	25,2	24,1	9,71	0,11
4—01	20,57	7,1	29,3	23,7	22,7	7,60	0,13
4—16	18,31	7,9	29,0	23,4	22,4	7,60	0,13
4—27	16,43	8,8	28,4	23,0	21,7	7,37	0,19
4—56	11,53	12,3	27,1	22,7	21,0	6,04	0,31
5—18	8,11	18,0	26,0	22,2	20,5	5,19	0,36
5—41	4,20	35,1	22,2	20,1	19,2	2,68	0,33

TABLEAU IX. — Tour Haldimand, 5 Oct. 1868.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
3 h. 10 ^m	23,52	3,2 ^m	30,8	19,6	19,2	15,74	0,02
3—31	20,52	3,6	28,1	18,6	18,0	13,29	0,04
3—56	17,09	4,4	27,1	18,8	18,4	11,39	0,03
4—06	15,35	4,8	27,2	19,0	18,4	11,04	0,05
4—21	13,14	5,7	26,2	18,8	17,6	10,33	0,12
4—31	11,38	6,5	26,6	18,9	17,4	10,86	0,15
4—46	9,12	8,1	25,0	18,6	16,5	9,05	0,26
4—58	7,14	10,8	23,3	18,1	15,9	7,27	0,34
5—07	5,46	13,0	23,0	18,0	15,6	7,01	0,39
5—16	4,18	18,6	21,5	17,6	15,3	5,39	0,49
5—24	3,03	27,3	19,8	. .	14,1		
5—27	2,30	33,3	19,0	. .	13,7		
5—29	2,12	39,3	18,1	. .	13,5		
5—32	1,44	54,0	17,3	. .	13,0		

A partir de 5 h. 16^m, les écrans de *B* ne pouvaient plus protéger cette boule du soleil tout en permettant l'accès de de la chaleur réfléchie.

18. Ces tableaux doivent être accompagnés des renseignements suivants, relatifs aux circonstances météorologiques qui ont caractérisé les divers jours d'observation.

OUCHY, 12 septembre. — Le ciel était généralement pur, quoique d'un aspect vaporeux. L'air était tantôt calme, tantôt agité par une faible brise. La surface du lac, un peu

TABLEAU X. — Tour Haldimand, 7 Oct. 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
3 h. 01 ^m	24,24	3,2 ^m	29,3	19,5	18,5	13,88	0,07
3—08	23,28	3,3	30,2	20,6	19,5	13,48	0,09
3—28	20,41	3,7	26,9	19,1	17,6	11,03	0,14
3—48	17,43	4,3	28,8	20,6	18,8	11,68	0,17
3—56	16,31	4,7	27,3	19,8	17,7	10,70	0,22
4—08	14,40	5,2	28,0	20,6	18,2	10,61	0,26
4—13	13,53	5,4	27,1	20,0	17,6	10,16	0,27
4—20	12,46	5,9	25,2	19,4	17,3	8,15	0,29
4—46 *	8,36	8,7	14,7	14,1	13,8		

* La dernière observation a été faite alors que les nuages voilaient le soleil depuis quelques minutes.

agitée et frissonnante au commencement, est devenue de plus en plus calme. A 5^h 4^m, il s'est produit un maximum remarquable. La surface de l'eau était bien tranquille et donnait une image presque nette du soleil. A partir de 5^h, l'eau était calme près de la côte; mais le lac était demeuré frissonnant au large où il présentait une grande trainée brillante. ⁽¹⁰⁾

(¹⁰) Pendant quelques minutes, à partir de 4 heures 55 minutes, les thermomètres B et C montèrent d'une façon inusitée. Il y avait une rapide augmentation dans l'intensité du flux solaire direct et une augmentation correspondante de la chaleur réfléchie. Le maximum eut lieu à 5 heures 4 minutes, après quoi les thermomètres baissèrent, mais moins rapidement qu'ils n'é-

TABLEAU XI. — Tour Haldimand, 19 Oct. 1868.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
1 h. 12 ^m	31,16	2,5	26,9	17,8	17,7	12,40	0,01
1 — 32	29,52	2,6	26,9	17,7	17,7	12,48	0,00
1 — 52	28,14	2,7	26,6	17,6	17,4	12,34	0,01
2 — 02	27,18	2,8	28,5	18,7	18,4	13,59	0,02
2 — 27	24,42	3,1	28,6	18,7	18,4	13,74	0,02
3 — 12	19,10	3,9	25,7	17,3	16,7	11,64	0,05
3 — 27	17,08	4,4	25,2	17,5	16,6	10,70	0,08
3 — 42	15,01	5,0	26,0	18,0	16,9	11,21	0,10
3 — 52	13,33	5,7	26,5	18,3	17,0	11,56	0,12
4 — 02	12,04	6,2	26,2	18,6	16,8	10,78	0,16
4 — 12	10,34	7,2	25,9	18,3	16,6	10,76	0,17
4 — 22	9,01	8,7	25,1	18,3	16,4	9,61	0,22
4 — 32	7,28	10,2	25,4	18,8	16,1	9,46	0,33
4 — 35	7,00	10,8	25,8	18,7	15,7	10,27	0,35
4 — 46	5,16	14,6	25,5	18,9	15,6	9,56	0,41
4 — 51	4,30	17,3	24,1	18,7	15,3	7,78	0,53
4 — 57	3,34	22,4	21,9	17,8	14,5	5,82	0,68

14 septembre. Le lac était frissonnant lorsque les instruments ont été installés; il est devenu ensuite très calme.

taient montés. Si l'on consulte les nombres du Tabl. V, on verra que la variation a été considérable. — La cause de ce brusque accroissement de la chaleur reçue par les appareils ne provient pas de quelque modification passagère de la surface de l'eau, car les nombres de la colonne L n'offrent pas d'anomalie. L'air ne présenta pas de changement sensible quant à son état d'agi-

TABLEAU XII. — Dézaley, 25 Septembre 1864.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 38 ^m	31,10	120 ^m	36,0	26,1	26,2	13,38	—
2 — 48	29,51	124	35,8	26,0	26,0	13,38	—
3 — 03	27,49	132	34,2	25,9	25,8	11,20	0,01
3 — 28	24,14	155	32,3	26,0	25,7	8,36	0,03
3 — 43	21,59	167	28,9	24,8	24,2	5,35	0,10
4 — 13	17,16	207	28,8	24,8	24,0	5,28	0,14
4 — 53	10,42	344	23,9	21,1	20,4	3,58	0,18
5 — 00	9,31	387	26,0	22,0	21,0	5,31	0,19
5 — 08	8,12	443	27,1	22,0	20,9	6,78	0,18
5 — 18	6,31	564	25,8	21,4	20,4	6,00	0,17
5 — 33	4,02	886	22,8	19,6	19,1	4,08	0,18

Malheureusement, l'air, déjà un peu vapoureux au début, est devenu de moins en moins transparent et la brume a sûrement bien affaibli la chaleur que recevaient les boules.

tion; il était d'ailleurs passablement calme. S'il y a eu un changement dans l'état de transparence de l'atmosphère, ce qui est le plus probable, ce changement a dû être singulièrement subit et très notable, quoique absolument inappréciable pour la vue. Ce serait sans doute un peu hasardé que de supposer, à la surface même du soleil, quelque modification passagère accompagnée d'une émission plus abondante de chaleur...

Dans la construction de la courbe *d* de la Pl. III (voir § 25), j'ai tenu compte seulement des observations de 4 heures 52 minutes et 5 heures 12 minutes; la courbe est alors assez régulière. En introduisant l'observation de 5 heures 4 minutes, on obtient une forte inflexion (marquée en ligne grise) qui met encore mieux en évidence l'anomalie remarquable qui s'est produite à ce moment-là.

TABLEAU XIII. — Dézaley, 28 Septembre 1864.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 32 ^m	30,53	121 ^m	30,9	20,9	20,9	13,68	—
2 — 52	28,19	132	29,0	20,1	20,2	11,88	—
3 — 07	26,16	141	29,1	20,0	19,8	12,47	0,01
3 — 22	24,08	151	31,3	21,4	21,0	14,79	0,02
3 — 42	21,09	172	31,0	21,5	20,6	13,40	0,07
4 — 07	17,17	207	29,2	20,9	19,6	11,71	0,12
4 — 17	15,41	230	28,1	20,6	19,4	10,48	0,12
4 — 27	14,05	257	28,0	20,8	19,4	10,08	0,15
4 — 34	12,57	282	28,0	20,8	19,3	10,11	0,16
4 — 54	9,40	365	27,1	20,3	18,6	9,57	0,19
5 — 16	6,00	620	25,0	20,0	17,9	6,95	0,34
5 — 22	5,02	738	24,1	19,8	17,5	5,96	0,44
5 — 27	4,11	886	23,4	19,6	17,4	5,24	0,48
5 — 29 *	3,50	990	23,1	19,4	17,3	5,05	0,47
5 — 42	1,45	2480	20,0	16,2	16,2	4,76	—

* A partir de 5 h. 29^m, l'écran de **B** ne pouvait plus protéger cette boule contre le soleil en permettant l'accès de la chaleur réfléchie. A 5 h. 42^m le soleil se couchait.

15 septembre. — Temps très pur. Air tantôt calme, tantôt un peu agité par une faible brise. Le lac était parcouru par de petites vagues surmontées elles-mêmes par une surface frissonnante. La réflexion du soleil ne donnait pas d'image nette, mais une trainée brillante.

TABLEAU XIV. — Dézaley, 9 Octobre 1864.

HEURES	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 23 ^m	28,15	132 ^m	26,0	16,0	16,1	13,53	—
2 — 33	27,06	135	25,3	15,5	15,5	13,38	—
2 — 38	26,30	139	26,1	15,9	15,8	14,05	0,01
2 — 48	25,15	144	24,9	15,4	15,3	13,00	0,01
3 — 03	23,18	155	25,1	15,6	15,4	13,07	0,01
3 — 13	21,58	170	24,0	15,8	15,1	11,38	0,06
3 — 18	21,16	172	24,0	15,9	15,1	11,27	0,07
3 — 48	16,56	213	25,5	16,8	15,5	12,31	0,11
3 — 53	16,10	221	25,6	16,8	15,4	12,48	0,12
4 — 03	14,40	248	25,0	16,9	15,4	11,46	0,14
4 — 08	13,53	258	24,2	16,8	15,2	10,43	0,17
4 — 18	12,20	295	23,0	16,3	14,6	9,42	0,20
4 — 27	10,54	326	21,6	15,7	14,3	8,13	0,18
4 — 33	9,58	364	21,0	15,2	13,8	7,98	0,19

20 septembre. — Même temps que le 15. Le lac était parfaitement calme au début et la première observation s'est faite (3^h 31^m) avec une image nette du soleil. Plus tard, la surface de l'eau est devenue frissonnante et la réflexion a donné, jusqu'à la fin, une longue trainée lumineuse.

TOUR HALDIMAND, 5 octobre. — Ciel pur quoique d'un aspect légèrement vaporeux. Air convenablement calme pendant toute la durée des observations. La surface du

TABLEAU XV. — Dézaley, 17 Octobre 1864.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 50 ^m	22,25	163	33,0	22,1	21,5	15,39	0,03
2 — 55	21,48	168	32,2	22,1	21,4	14,23	0,05
3 — 00	21,10	173	31,4	21,7	20,6	13,76	0,08
3 — 10	19,52	182	32,2	22,5	21,3	13,78	0,09
3 — 15	19,11	187	33,0	22,6	21,4	14,83	0,08
3 — 25	17,49	200	33,3	23,6	21,8	13,93	0,14
3 — 30	17,08	214	34,2	24,2	22,1	14,43	0,17
3 — 35	16,25	221	34,0	24,1	21,5	14,39	0,21
3 — 50	14,15	248	33,0	23,4	20,7	13,97	0,23
4 — 00	12,45	282	31,7	22,9	20,4	12,73	0,23
4 — 30	8,10	443	30,2	22,8	19,9	10,71	0,32
4 — 35	7,22	492	29,0	22,3	19,5	9,64	0,34
4 — 40	6,36	554	27,6	21,5	19,1	8,66	0,32
4 — 50	4,59	738	26,1	20,2	18,4	8,23	0,24
5 — 00	3,26	1107	24,1	18,8	17,2	7,36	0,24
5 — 13	1,27	3388	18,9	—	14,8	—	—
5 — 15	1,04	4847	18,0	—	14,4	—	—

lac présentait de légères ondulations; mais elle n'était pas frissonnante et il se produisait parfois une image presque nette du soleil. Mirages prononcés. Température de l'eau, au bord, 15°.

7 octobre. Air moins calme que le 5 octobre et ciel un peu vapoureux. Quelques nuages apparaissent vers 4^h 20^m

TABLEAU XVI. — Dézaley, 18 Octobre 1864.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 00 ^m	27,35	135 ^m	31,4	22,0	21,8	12,92	0,01
2 — 10	26,36	138	32,5	22,6	22,3	13,74	0,02
2 — 20	25,33	144	31,2	22,2	21,9	12,39	0,02
2 — 30	24,27	150	31,1	21,8	21,4	12,89	0,03
2 — 40	23,17	157	31,2	21,8	21,4	13,04	0,03
2 — 45	22,40	161	31,0	22,0	21,4	12,54	0,04
2 — 50	22,05	166	31,0	22,2	21,4	12,32	0,06
2 — 55	21,29	169	31,0	22,1	21,4	12,43	0,05
3 — 00	20,50	175	31,7	22,5	21,5	12,98	0,08
3 — 10	19,32	186	31,8	22,7	21,5	12,88	0,10
3 — 15	18,51	192	31,9	22,9	21,5	12,78	0,13
3 — 25	17,29	207	32,1	23,5	21,7	12,28	0,16
3 — 30	16,48	215	32,3	23,7	21,7	12,33	0,18
4 — 05	11,41	308	31,3	24,0	21,5	10,28	0,28
4 — 20	9,24	382	29,0	23,3	20,6	8,12	0,38
4 — 25	8,38	419	29,3	23,5	20,8	8,27	0,38
4 — 35	7,03	512	26,9	21,7	19,4	7,29	0,36
4 — 40 *	6,17	561	26,2	21,3	19,4	6,82	0,31
5 — 00	3,07	1240	21,4	17,5	17,4	—	—
5 — 05	2,21	1722	20,5	17,0	16,9	—	—

* A partir de 4 h. 40^m, la boule B a été protégée aussi contre la réflexion du lac. Ses indications sont devenues sensiblement d'accord avec celles de A.

TABLEAU XVII. — Rivaz, 27 Octobre 1868.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 52 ^m	19,21	255 ^m	25,3	19,5	18,4	7,89	0,14
3—12	16,49	290	22,9	18,1	16,8	6,64	0,19
3—22	15,30	311	25,0	19,2	15,5	8,07	0,23
3—42	12,45	382	22,1	17,7	15,9	6,05	0,30
3—48	11,54	420	23,0	18,3	16,5	6,45	0,31
3—57	10,36	466	23,0	18,0	16,3	6,87	0,27
4—07	9,22	525	22,7	17,8	16,0	6,73	0,30
4—22	6,54	700	21,0	17,0	15,2	5,15	0,39
4—26	6,17	764	20,1	16,7	14,9	4,59	0,44
4—34	5,04	933	18,3	15,8	14,4	3,32	0,45
4—37	4,35	1050	17,2	14,8	13,8	3,12	0,32

et viennent insensiblement voiler le soleil. Lac variable, tantôt frissonnant, tantôt parfaitement uni. Température de l'eau, 15°,5. Mirages.

19 octobre. — Ciel très pur pendant toute la durée des observations. Air généralement calme ou parcouru par une faible brise nord-est. Le lac était un peu clapotant lors des premières observations; il est devenu de plus en plus calme. A partir de 3^h 40^m ou 3^h 50^m, la surface était semblable à une surface d'huile et l'image du soleil parfaitement nette. Température de l'eau, 14°,8. Mirages.

DÉZALEY, 25 septembre. — Le ciel, qui était très pur lors de l'installation des instruments, s'est peu à peu

TABLEAU XVIII. — Rivaz, 7 Novembre 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
1 h. 34 ^m	23,46	210 ^m	23,8	15,9	15,1	10,97	0,07
2 — 02	21,30	227	24,2	16,0	15,1	11,45	0,08
2 — 12	20,34	240	24,8	16,3	15,2	11,96	0,09
2 — 22	19,35	255	24,1	16,3	15,2	10,91	0,10
2 — 32	18,32	263	25,1	16,6	15,2	12,03	0,12
2 — 52	16,17	300	24,2	16,5	15,1	10,83	0,14
2 — 57	15,41	311	24,2	16,6	15,3	10,67	0,13
3 — 07	14,29	336	23,8	16,4	14,7	10,46	0,18
3 — 17	13,14	366	23,8	16,7	14,7	10,08	0,22
3 — 27	11,56	400	23,7	16,8	14,6	9,82	0,26
3 — 41	10,03	494	23,8	16,8	14,5	9,98	0,26
3 — 46	9,21	525	23,0	16,6	14,4	9,07	0,28
3 — 50 *	8,48	560	21,3	15,9	13,9	7,53	0,30
3 — 52	8,32	575	19,9	15,6	13,6	5,95	0,38

* L'observation de 3 h. 50^m et surtout celle de 3 h. 52^m correspondent à une anomalie. Des nuages arrêtaient partiellement le rayonnement direct, sans empêcher la chaleur réfléchie.

voilé. Un halo a paru vers 3^h et des filaments de cirrus ont presque caché le soleil vers 4^h 30^m. — Le calme qui régnait au début ne s'est malheureusement pas maintenu. Il a soufflé, par moments, un courant du nord irrégulier. Lac un peu agité, variable; aucune réflexion nette du soleil, mais une large traînée lumineuse.

TABLEAU XIX. — Chexbres, 25 Sept. 1865.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 08 ^m	34,52	461 ^m	32,6	23,7	23,7	12,03	—
2—23	33,07	480	33,8	24,2	24,3	12,93	—
2—38	31,15	508	34,4	24,7	24,7	13,08	—
3—08	27,12	575	34,8	25,1	25,0	13,30	0,01
3—28	24,18	640	32,8	24,5	24,3	11,27	0,01
3—38	22,47	679	32,0	24,1	23,9	10,67	0,06
3—48	21,18	727	32,7	24,5	23,9	11,34	0,05
3—53	20,35	749	33,7	25,0	24,3	12,13	0,05
3—58	19,43	780	34,4	25,4	24,4	12,68	0,08
4—13	17,20	885	33,5	25,0	23,4	12,09	0,14
4—33	14,06	1087	35,0	25,8	23,7	13,25	0,18
4—43	12,26	1229	33,3	25,2	23,4	11,53	0,17
4—53	10,47	1414	33,2	24,7	22,7	12,18	0,18
5—01	9,26	1623	31,0	24,0	22,3	9,86	0,19

28 septembre. — Le ciel était légèrement vapoureux, mais d'ailleurs bien uniforme et bien constant pendant toute la durée des observations. Air calme ou, par moments, légèrement agité. Le lac a été presque toujours parfaitement calme. Image nette du soleil jusqu'à 5^h 25^m. Lors des deux dernières observations, cette image était sensiblement allongée.

9 octobre. Ciel très pur jusqu'aux dernières observations, pendant lesquelles il était un peu vapoureux. Air calme ou,

TABLEAU XX. — Chexbres, 26 Sept. 1865.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 04 ^m	34°, 56	460 ^m	31°, 3	23°, 5	23°, 5	8, 60	—
2 — 14	33, 49	472	33, 9	24, 7	24, 8	12, 33	—
2 — 44	30, 07	526	31, 5	23, 5	23, 5	10, 68	—
3 — 24	24, 34	634	33, 3	24, 5	24, 4	11, 95	0, 01
3 — 34	23, 05	674	33, 1	24, 8	24, 6	11, 27	0, 01
3 — 49	20, 49	741	32, 1	24, 1	23, 7	10, 94	0, 03
3 — 59	19, 14	799	32, 3	24, 2	23, 4	11, 27	0, 07
4 — 09	17, 40	869	32, 7	24, 3	23, 4	11, 75	0, 07
4 — 19	16, 03	953	34, 2	24, 8	23, 6	13, 33	0, 09
4 — 29	14, 26	1060	33, 0	24, 4	23, 1	12, 15	0, 11
4 — 49	11, 08	1370	32, 0	23, 8	22, 3	11, 60	0, 14
5 — 12	7, 09	2156	28, 6	22, 0	20, 4	9, 23	0, 19
5 — 24	5, 18	2932	26, 4	20, 7	19, 4	7, 82	0, 17
5 — 29	4, 28	3508	25, 4	20, 0	18, 9	7, 35	0, 15
5 — 34	3, 38	4383	23, 7	19, 4	18, 6	5, 69	0, 13

par moments, faiblement agité. Lac parcouru par de petites vagues et, en outre, frissonnant. Pas de réflexion nette; mais une trainée longue et plus ou moins large, d'aspect variable.

17 octobre. — Ciel remarquablement pur pendant toute la durée des observations. Air le plus souvent calme, rarement une petite brise. Le lac était variable, jamais assez

TABLEAU XXI. — Chexbres, 4 Octobre 1865.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 30 ^m	29,17	538 ^m	28,8	21,7	21,5	9,47	0,02
2—40	27,44	565	30,3	21,7	21,4	11,79	0,02
3—15	23,25	662	33,0	23,1	22,5	13,89	0,04
3—25	21,59	703	32,4	23,2	22,4	12,92	0,06
3—35	20,50	741	32,5	23,7	22,6	12,41	0,09
3—45	19,03	807	31,6	23,2	22,2	11,78	0,09
3—50	18,18	840	30,4	22,7	21,5	10,78	0,12
3—55	17,32	877	28,9	21,9	20,9	9,68	0,10
4—13	14,44	1040	29,3	22,1	21,0	10,00	0,11
4—20	13,37	1124	25,7	20,3	19,4	7,30	0,12
4—40	10,24	1469	22,4	19,0	18,4	4,39	0,12
4—45	9,35	1594	21,8	18,7	18,1	4,00	0,13

calme pour donner une image nette, parcouru par des « fontaines » ou stries plus calmes à travers l'ensemble frissonnant. Trainée lumineuse, large et longue.

18 octobre. — Ciel parfaitement pur. Air calme ou faiblement agité. Lac malheureusement variable à cause des « fontaines » qui se promenaient à sa surface. Il n'y eut jamais de réflexion calme et une image nette du soleil : mais toujours une trainée plus ou moins large et éclatante, tantôt continue, tantôt divisée en deux portions, l'une plus près du rivage et l'autre plus éloignée.

TABLEAU XXII. — La Vuachère, 8 déc. 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 30 ^m	13,00	636 ^m	10,3	4,6	4,3	7,51	0,03
2 — 51	10,49	737	10,0	4,0	3,5	8,03	0,05
3 — 16	7,59	1000	9,1	3,9	3,4	6,83	0,06
3 — 21	7,21	1273	8,6	3,7	3,2	6,43	0,07
3 — 36	5,31	1555	7,2	3,1	2,6	5,31	0,08
3 — 41	4,52	1750	6,9	2,9	2,5	5,15	0,07
3 — 53	3,20	2800	6,8	2,8	2,5	5,21	0,05

RIVAZ, 27 octobre. — Ciel un peu vapoureux dès le début des observations. Quelques nuages filamenteux ont, par moments, passé devant le soleil et faisaient un peu ombre sur le lac. Air convenablement calme. Lac un peu agité. La réflexion donnait une trainée éclatante.

7 novembre. — Ciel pur au début ; mais des nuages sont arrivés et ont interrompu trop tôt les observations. A la fin, les nuages commençaient à affaiblir le rayonnement direct du soleil, mais n'arrêtaient pas encore les rayons qui atteignaient le lac et qui pouvaient se réfléchir. Air convenablement calme. Lac un peu agité. La réflexion de donnait pas d'image nette.

CHEXBRES, 25 septembre. — Ciel très constant pendant toute la série, légèrement vapoureux. Air convenablement calme, lac un peu frissonnant et donnant, par la réflexion,

TABLEAU XXIII. — La Vuachère, 15 déc. 1863.

HEURE	H	D	C	B	A	S	L
2 h. 37 ^m	11,46	690 ^m	13,9	6,6	6,5	9,70	0,01
2 — 57	9,38	823	13,0	6,1	5,7	9,29	0,04
3 — 07	8,31	933	13,0	6,1	5,5	9,39	0,06
3 — 17	7,19	1070	13,1	6,0	5,4	9,69	0,06
3 — 22	6,45	1166	12,8	5,9	5,2	9,43	0,07
3 — 27	6,08	1380	11,6	5,6	4,7	8,13	0,11
3 — 32	5,31	1555	10,9	5,4	4,5	7,43	0,12
3 — 42	4,15	2000	9,1	4,8	4,3	5,67	0,08
3 — 45	3,54	2200	8,8	4,7	4,3	5,28	0,06

une traînée éclatante. Les rayons solaires réfléchis commençaient à pouvoir atteindre les instruments vers 3 heures.

26 septembre. — Ciel pur ou très faiblement vapoureux. L'air a été un peu agité, par intermittences, jusqu'à trois heures et demie; il est devenu ensuite fort calme. Lac parcouru par des bandes irrégulières. La réflexion donnait une traînée éblouissante, mais non une image nette.

4 octobre. Ciel pur. L'air a malheureusement été un peu agité, surtout vers la fin des observations; le vent est devenu assez fort pour refroidir manifestement les boules

65 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 65 B et C. La surface du lac était irrégulière et la réflexion donnait une trainée éclatante.

LA VUACHÈRE, 8 décembre. — Ciel pur, mais un peu vaporeux. Air convenablement calme. Lac faiblement agité; la réflexion donnait une trainée brillante. — La station, fort éloignée du lac en distance horizontale, ne *voyait* malheureusement pas toujours la trainée lumineuse d'une façon complète. A partir de 3^h 36^m, quelques arbres, à distance, devaient retenir une partie des rayons réfléchis. Si le lac eût été parfaitement calme, les rayons réfléchis n'auraient pu atteindre les instruments qu'à partir de 3^h 36^m à peu près (voir § 21). C'est donc grâce à l'irrégularité de la surface de l'eau que la réflexion était déjà sensible bien avant ce moment-là.

15 décembre. Circonstances semblables à celles du 8 décembre. Air un peu moins calme.

Discussion des observations. — Résultats.

19. En parcourant les tableaux qui précèdent, on verra bientôt que les résultats n'offrent pas la régularité qui peut être obtenue dans les expériences de laboratoire. Dans les conditions où ils étaient placés, les appareils thermométriques étaient évidemment soumis à diverses influences perturbatrices. Le phénomène qu'il s'agissait d'observer ne doit d'ailleurs que bien rarement pouvoir se développer d'une façon régulière.

L'action du soleil varie à mesure que s'accroît l'inclinaison de ses rayons et que l'épaisseur atmosphérique devient plus considérable. Un thermomètre qui subit son

influence et qui est préservé des causes perturbatrices ambiantes doit présenter une variation régulière et offrir une marche exempte de points singuliers. C'est ce qui arrive avec le pyréliomètre de Pouillet lorsqu'on peut faire convenablement les corrections dues au refroidissement de l'air. Dans mes observations, cette marche régulière ne se rencontre guère. Le thermomètre de la boule C (et les colonnes S des quantités de chaleur) accuse bien, d'une manière générale et très nettement, la diminution de la chaleur à mesure que l'astre s'abaisse sur l'horizon ; mais cette diminution est tantôt plus, tantôt moins rapide, parfois même elle est interrompue par des retours.

La proportion de chaleur réfléchie par le lac (colonnes L) ne présente également pas la régularité qu'on pourrait attendre, quoique l'influence de la hauteur du soleil sur cette proportion soit extrêmement manifeste.

Parmi les causes qui ont provoqué ces irrégularités, il faut sans doute mentionner les suivantes :

L'agitation de l'air. L'air ne présentait naturellement jamais un calme absolu. Les stations se trouvent à la limite d'une grande surface liquide et de la terre ferme ou bien elles sont situées sur le versant assez fortement incliné d'une colline. Dans ces conditions et lorsque le soleil rayonne, il y a toujours dans l'atmosphère, quoique du plus au moins, un peu de mouvement. Ce mouvement varie d'ailleurs d'un moment à l'autre.

A rayonnement solaire égal, le thermomètre se maintiendra naturellement plus haut dans un air absolument calme que dans un air agité, et il oscillera si l'atmosphère qui l'entoure glisse tantôt un peu plus, tantôt un peu moins rapidement le long de sa surface. — Cette influence

de l'agitation de l'air fait que les quantités de chaleur inscrites dans les colonnes S ne peuvent point prétendre à représenter, dans leur variation avec la hauteur angulaire du soleil, les vraies quantités de chaleur versées par cet astre sur la terre. Ce n'était d'ailleurs pas là le but des présentes recherches. Mais on a vu plus haut que si l'agitation de l'air ne dépasse pas certaines limites, les rapports entre les vitesses du refroidissement des deux boules B et C se conservent sensiblement les mêmes et c'est de ces rapports seulement que dépend la détermination de la proportion de chaleur réfléchiée par le lac, c'est-à-dire les nombres des colonnes L. Les irrégularités qui existent dans les nombres des colonnes S, dans certaines séries surtout, n'entraînent donc pas comme conséquence nécessaire des irrégularités dans les valeurs de L ⁽¹¹⁾.

Etat du ciel. On a vu, par les renseignements relatifs à l'état météorologique de chaque journée d'observations, que le ciel n'a pas toujours été parfaitement pur. Quelques

(11) Je ne prétends cependant pas que l'agitation de l'air ne soit pas aussi une cause qui produise parfois des irrégularités dans les valeurs L. Le calcul des quantités L suppose la constance du rapport des vitesses du refroidissement, malgré la variabilité des circonstances ambiantes. C'est sensiblement vrai pour des variations qui ne sont pas trop grandes et qui agissent en même temps sur les deux boules, c'est-à-dire pour les circonstances qui se trouvaient réalisées dans la majorité des cas.

Mais il y a parfois, dans l'atmosphère, une singulière localisation des courants et, malgré la faible distance des boules, ces appareils n'étaient pas toujours dans des conditions qu'on peut qualifier d'identiques. De là des influences inégales modifiant leur refroidissement, et, par suite, des causes d'erreur dans la détermination des rapports L. Ces causes d'erreur sont sans doute pour une certaine part dans les irrégularités que présente la suite des valeurs L pour diverses hauteurs angulaires du soleil.

cirrus striés ou même de vrais nuages sont parfois venus affaiblir l'action du soleil, produire ainsi une irrégularité dans la marche des thermomètres et par conséquent dans les valeurs des colonnes S. J'ajouterai que, même dans les jours en apparence pure, si l'on observe avec beaucoup d'attention et un peu longuement la voûte céleste, si l'on prend des précautions pour ne pas être ébloui, on remarque fort souvent quelques traces nuageuses qui restent parfaitement inaperçues dans une première et rapide observation du ciel. On voit ou de vagues stries blanchâtres, ou des taches de même teinte qui sont probablement des cirrus peu denses et très élevés. Ces taches varient de position. — Il est bien évident que les rayons solaires doivent être un peu plus affaiblis lorsqu'ils traversent une région atmosphérique ainsi troublée et cette circonstance doit produire de petites irrégularités dans les indications des thermomètres, même dans les jours notés comme tout à fait purs ⁽¹²⁾

(12) Dans ses *Recherches sur le rayonnement solaire*, M. Queletet signale aussi ce fait que, dans des jours réputés purs, la marche de l'actinomètre n'est pas d'accord avec la variation régulière de la hauteur du soleil.

« On voit, par les tableaux, que les indications de l'actinomètre n'ont pas toujours été en rapport avec les hauteurs du du soleil ; ainsi, pour une hauteur solaire de 32° 12', j'ai trouvé 15,35 degrés de l'actinomètre, tandis que j'en avais obtenu 22, 30 pour une hauteur solaire de 29° 56' seulement, etc. »

Et ailleurs : « Toutes les observations ont été faites par un ciel parfaitement serein, mais d'une pureté qui n'était pas toujours la même. Je regrette de n'avoir pu constater le degré de pureté de l'air au moyen d'un cyanomètre. Quoiqu'il en soit, les indications de l'actinomètre, d'après mes observations, n'ont pas suivi la loi de continuité que semblait devoir leur assigner la marche du soleil. Faut-il, pour expliquer ces anomalies, recourir à l'hypothèse de nuages transparents qui affectent certains instruments météorologiques, sans devenir sensibles à la vue ?

Outre l'obstacle apporté par les nuages proprement dits, l'air a aussi sa transparence modifiée par cette cause qui produit la brume, l'aspect vaporeux, etc. Cette brume est parfois assez prononcée à la surface du lac Léman, même dans les beaux jours ; elle n'est pas constante dans le cours d'une même journée et sa variabilité doit sûrement aussi influencer sur la marche des instruments.

Il est à remarquer que l'état variable du ciel a pu apporter quelques irrégularités dans les valeurs des colonnes L, surtout pour les stations un peu éloignées du lac. Pour ces stations, en effet, les rayons solaires qui atteignaient directement la boule C, à un moment donné, traversaient l'atmosphère suivant une ligne parfois assez éloignée de celle que suivaient les rayons tombant sur la surface du lac, puis réfléchis vers la boule B. Or ces deux rayons, dans leur trajet, pouvaient rencontrer un air inégalement transparent et être par conséquent inégalement affaiblis. Dans ce cas-là, qui s'est probablement rencontré plusieurs fois, les nombres de la colonne L ne représentent pas la fraction du rayon incident qui a été réfléchi. La méthode, en effet, qui fournit ces nombres suppose que le rayon qui se réfléchit possède, à son point d'incidence sur le lac, une intensité égale à celle du rayon qui atteint la boule C.

L'anomalie que je signale ici a trouvé sa plus forte exagération dans la série du 7 novembre, à Rivaz, alors que les instruments ne recevaient à peu près plus les rayons directs du soleil, arrêtés par un nuage, tandis que

C'est une hypothèse qui a déjà été invoquée, et principalement pour se rendre compte de quelques circonstances particulières que présente l'électricité atmosphérique. » (*Annuaire météorologique de France pour 1850.*)

la surface de l'eau, encore brillamment éclairée, envoyait des rayons réfléchis (voir § 18 et tabl. XVIII depuis 3^h 46^m).

Etat du lac. La surface réfléchissante présente une variabilité bien connue de chacun. — Dans aucun des jours d'observations, il n'y a eu de grosses vagues; l'air n'était jamais assez agité pour cela. En revanche, le lac a été parfois, rarement, tout à fait calme, assez calme pour fournir une image nette et limitée du soleil; d'autres fois, il était parcouru par ces petites ondulations, « vagues mortes » qui laissent assez unie la surface proprement dite. D'autres fois encore, et c'a été le cas le plus fréquent, la surface de l'eau offrait de très petites vagues irrégulières; elle était frissonnante, ridée; — ou bien ridée uniformément, ou bien traversée par des bandes, des « fontaines » plus calmes, dessinant des routes bizarres à la surface du liquide.

La proportion de chaleur réfléchie doit être variable suivant cet état superficiel du liquide et c'est sans doute là une circonstance qui a dû, dans toutes les séries d'observations, quoique du plus au moins, apporter des irrégularités dans les indications des appareils ⁽¹³⁾.

(13) Les « fontaines » entre autres, qui sont si fréquentes à la surface du lac Léman, sont probablement une cause importante de variation dans la proportion de chaleur réfléchie, et comme ces fontaines se déplacent souvent, se déforment, s'agrandissent, etc., leur influence doit se traduire par des irrégularités dans la marche des appareils.

Quelle est la cause qui produit ces bandes plus unies au milieu d'une nappe liquide frissonnante? Dans une note récente (voir ce *Bulletin* N° 69 du vol. XII), M. le professeur Forel montre que les fontaines sont dues à la présence d'une couche de matière grasse, huileuse, étrangère à l'eau proprement dite, sur laquelle elle est répandue en pellicule infiniment mince. M. Forel appuie son opinion d'expériences et d'observations

20. Au début des présentes recherches, j'avais compté faire la lecture des trois boules A, B et C à des heures fixes ; par exemple de dix en dix minutes. Mais les causes d'irrégularités qui viennent d'être mentionnées m'obligèrent à renoncer à ce projet. Il est évident, en effet, que les observations qui ont le plus de valeur sont celles qui sont faites le plus possible à l'abri des influences perturbatrices dont il vient d'être question. Ces influences (surtout les courants irréguliers et locaux de l'air), par leur origine même, sont essentiellement variables d'un instant à l'autre. On peut dire, par conséquent, que quant les thermomètres variaient rapidement, par exemple de quelques dixièmes de degré en une minute, il y avait quelque cause accidentelle provoquant cette variation. Si, au contraire, l'air était bien calme ou n'était que très faiblement agité, que les rayons solaires se propageaient dans une atmosphère bien pure, les instruments conservaient, pendant un temps assez long, la même température ou ne variaient que lentement et régulièrement.

Ces détails expliquent pourquoi, dans les tableaux qui précèdent, les observations ne sont pas toujours faites à des intervalles égaux. Les thermomètres étaient suivis d'une manière à peu près continue ; mais je notais les températures simultanées seulement lorsque leurs indications n'avaient pas éprouvé de variations notables et brusques depuis quelques instants.

Il est à remarquer que les observations de diverses séries ne peuvent guère être combinées pour fournir des moyennes. Ces séries, en effet, ont été obtenues dans des

qui ont une grande valeur. Si cette explication est juste, on doit en conclure avec d'autant plus de probabilité que les fontaines doivent modifier la proportion de chaleur réfléchie.

circonstances un peu différentes de l'une à l'autre. L'état de la surface réfléchissante est essentiellement variable et il se peut que la loi suivant laquelle l'intensité de la chaleur réfléchie dépend de l'angle d'incidence ne soit pas la même dans divers états de la surface du lac. La transparence variable de l'air empêche également de comparer avec sécurité les résultats d'un jour avec ceux d'un autre jour.

La situation différente des stations, les unes plus rapprochées, les autres plus éloignées du lac, ne permet également pas de combiner entre elles les valeurs obtenues dans ces localités différentes. — Pour ces diverses motifs, il m'a paru d'une meilleure méthode de ne pas chercher à former des moyennes.

21. Si la nappe réfléchissante eût été parfaitement unie, les rayons solaires renvoyés par la surface de l'eau n'auraient pu aboutir aux instruments que quand l'astre aurait atteint une hauteur convenable, variant d'une station à l'autre, dépendant de son altitude et de sa distance au rivage. La boule *B* n'aurait pu accuser une élévation de température que quand elle aurait commencé à voir l'image du soleil. En réalité, le lac étant toujours plus ou moins irrégulier à sa surface, des rayons réfléchis pouvaient atteindre les instruments plus tôt. Avant l'instant où une image nette du soleil aurait pu apparaître vers le rivage, il se formait déjà, près du bord, une trainée brillante, plus ou moins élargie. Des rayons lumineux et chauds étaient renvoyés par les faces diversement inclinées des petites vagues du lac. Ce fait est surtout très frappant pour les deux séries de la Vuachère. La distance de la station au rivage et son altitude étaient telles que, pour

une surface réfléchissante unie, les rayons n'auraient pas pu atteindre les instruments avant que la hauteur du soleil fût d'environ $5^{\circ}30'$. Or, on voit que des quantités de chaleur réfléchie très appréciables atteignaient les instruments bien avant ce moment-là.

On aperçoit, cependant, en parcourant les tableaux des observations, que la quantité de chaleur réfléchie demeure fort petite tant que les rayons incidents de l'astre font un angle un peu grand avec la surface de l'eau. A la tour Haldimand, où les appareils pouvaient déjà recevoir des rayons réfléchis sous un angle de 55° , la chaleur est encore très-faible ou nulle de 31° à 30° . On remarque un fait semblable au Dézaley et à Chexbres. — En somme, la proportion de chaleur réfléchie sous une incidence de 30° a été ou inappréciable ou inférieure à 0,01 de la chaleur incidente, quel que fût l'état du lac.

Lorsque l'incidence passait de 30 à 25° , la chaleur réfléchie devenait appréciable dans toutes les séries, mais en demeurant encore assez faible, de telle sorte que, pour une incidence de 25° , la proportion a toujours été inférieure à 0,08.

A mesure que le soleil s'abaissait sur l'horizon et que ses rayons atteignaient plus obliquement la surface de l'eau, la quantité de chaleur réfléchie augmentait. — Suivant quelle loi se fait cette augmentation?

Pour mieux juger de l'influence de l'incidence, j'ai construit les courbes qui représentent quelques-unes des séries numériques des tableaux ci-dessus (colonnes L). On les trouvera dans les Planches II et III. L'axe horizontal est celui des distances zénithales de l'astre, un degré est représenté par 10^{mm} . Les ordonnées représentent la fraction de chaleur réfléchie à raison de 1^{mm} pour 0,01

de la chaleur incidente. — La Pl. II renferme : Ouchy 15 septembre (courbe 1); 14 sept. (2); 12 sept. (3); 20 sept. (4); Tour Haldimand 5 octobre (5) et T. H. 19 octobre (6). — Dans la Pl. III se trouve : Dézaley 28 septembre (courbe 1); 17 octobre (2); 9 oct. (6); 18 oct. (3); Chexbres 26 septembre (5); Rivaz 7 novembre (4). (Voir la note 15.)

Ces courbes montrent assez l'influence des causes énumérées plus haut comme devant produire des irrégularités dans une même série et des différences souvent fort grandes d'une série à l'autre. On voit, d'une manière générale, comment la quantité de chaleur réfléchie augmente avec la distance zénithale du soleil; mais il serait difficile d'en déduire une loi précise. Il est à remarquer, d'ailleurs, que cette loi ne pourrait ressortir directement des observations que là où la chaleur réfléchie a pu atteindre les instruments sans traverser une couche d'air un peu considérable à partir du point de réflexion, et là où le rayon incident sur la surface de l'eau est assez voisin de celui qui frappe la boule C pour qu'on puisse les considérer comme d'égale intensité à chaque instant. Cette double condition ne pouvait évidemment être convenablement remplie que dans les stations d'Ouchy et Tour Haldimand, et avec une surface réfléchissante assez unie pour que les rayons réfléchis provinssent uniquement d'une image à peu près nette du soleil et non d'une longue traînée brillante. Les Tabl. V à XI montrent, en effet, que pour ces deux stations le point de réflexion se trouvait à une distance (colonnes D) le plus souvent inférieure à cinquante mètres des appareils.

Les courbes de la Pl. III, se rapportant à des stations passablement éloignées du lac, doivent représenter moins

75 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 75
bien l'influence de l'angle d'incidence des rayons sur la
quantité de chaleur réfléchie.

22. Quelle est l'influence de l'état de la surface du
lac sur la proportion de chaleur réfléchie? — On a vu
que dans la plupart des séries d'observations, le lac n'é-
tait pas parfaitement uni ; il offrait à la surface ou bien
des ondulations assez prononcées, ou bien ces très petites
vagues qui lui donnent un aspect ridé et chagriné. .

Il arrive d'ailleurs aussi que l'aspect ridé s'ajoute à des
vagues proprement dites.

En consultant mes notes sur l'état du lac, et en les
comparant avec les proportions de chaleur réfléchie, je
trouve entre autres, comme méritant d'être signalés, les
rapprochements suivants :

Ouchy. Le 15 septembre, le lac était plus calme au
commencement des observations. Les vagues sont deve-
nues de plus en plus prononcées, faisant clapotement sur
le rivage. La quantité de chaleur réfléchie n'a pas suivi la
courbe ascendante que faisaient prévoir les premières
observations.

Le 20 septembre, il s'est produit un fait semblable à
celui du 15. Le lac était uni lors des premières observa-
tions ; il est devenu frissonnant et clapotant plus tard. La
quantité de chaleur réfléchie a été, relativement à d'autres
jours, forte surtout au début.

Le 12 septembre, circonstances inverses de celles des
jours précédents. Le lac était frissonnant au début ; il est
devenu de plus en plus calme. Vers la fin de la série, il
y avait une image à peu près nette du soleil près du bord
et, en même temps, au large, une trainée brillante due à

une surface ridée. La chaleur réfléchiée est devenue très forte et a présenté le maximum constaté dans ces recherches.

Tour Haldimand. Le 19 octobre, la surface du lac était un peu agitée et frissonnante au commencement des observations. Elle est devenue de plus en plus calme. Lors des dernières observations, le lac était comme de l'huile, avec une image nette du soleil et aucune trace de trainée. La quantité de chaleur réfléchiée a été, relativement à d'autres jours, faible au commencement; elle est devenue surtout considérable vers la fin où elle a atteint un maximum semblable à celui du 12 septembre à Ouchy.

Dézaley. 17 octobre. Le lac a été toujours frissonnant et a fourni une longue trainée. A un certain moment, il s'est formé une région plus calme, près du rivage. La proportion de chaleur réfléchiée s'est accrue justement à ce moment-là (courbe 2, Pl. III; distance zénithale 73 à 74°).

Le 28 septembre, le lac a été bien calme pendant la plus grande partie des observations, fournissant une image presque nette du soleil. La quantité de chaleur réfléchiée n'a pas été aussi grande que dans d'autres séries, excepté lors des dernières observations où elle a atteint les plus fortes valeurs obtenues au Dézaley (courbe 1, Pl. III).

Rivaz. Le 7 novembre, le lac était presque tout à fait calme; la réflexion donnait une *place* éclatante, mais non une trainée. Vers 2^h 52^m, le bateau à vapeur vint passer précisément dans la région où se faisait la réflexion, et produisit pendant quelque temps, à la surface de l'eau, l'agitation que chacun connaît. La quantité de chaleur réfléchiée, observée quelques minutes après, parut un peu

77 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 77
plus faible (voir tabl. XVIII à 2^h 57^m); elle reprit plus tard sa marche ascendante en même temps que l'astre s'abaissait vers l'horizon.

Les détails qui précèdent montrent que, d'une manière générale, la proportion de chaleur réfléchie est plus grande lorsque la surface de l'eau est plus calme et que la réflexion s'approche de donner une image nette du soleil. Cette loi me paraîtrait bien établie s'il n'y avait pas les observations du 28 septembre, au Dézaley, qui font une exception assez frappante et qui m'obligent à ne présenter cette conclusion qu'avec une certaine réserve.

Les circonstances qui fournissent le plus de chaleur réfléchie sont celles qui se trouvaient réalisées de la manière la plus accentuée à Ouchy, le 12 septembre. Ces circonstances se sont reproduites, quoique à un moindre degré, dans quelques autres moments. Le lac étant très calme près du rivage donnait une image limitée du soleil; en même temps, la surface de l'eau était un peu agitée et frissonnante loin du bord; elle fournissait une trainée brillante dont la réflexion venait s'ajouter à celle qui se produisait sur les parties du lac voisines du rivage.

23. La distance des stations jusqu'au lac et leur altitude ne sont évidemment pas indifférentes à la quantité de chaleur qui peut les atteindre. Là où les thermomètres étaient placés près de la surface de l'eau, sur le rivage, les rayons réfléchis n'avaient qu'une faible couche à traverser pour arriver à la boule B. Ces conditions se trouvaient réalisées à Ouchy et à la Tour Haldimand. Les tableaux V à XXIII indiquent, dans les colonnes D, le chemin que devait parcourir le rayon réfléchi, dans le cas d'un lac parfaitement uni et d'une réflexion en un point

unique. Comme la surface de l'eau était le plus souvent un peu agitée, une partie des rayons réfléchis venaient d'une région du lac beaucoup plus éloignée et ils subissaient par conséquent une absorption plus grande que celle qui résulterait seulement de la distance D . On voit immédiatement que, par cette circonstance, l'état de la surface du lac doit influencer sur la forme de la courbe qui représente la relation entre la chaleur réfléchie et la hauteur du soleil. Par un lac parfaitement calme, la couche d'air traversée demeure faible; même lorsque le soleil est bas sur l'horizon. Par un lac agité, les rayons qui atteignent les instruments se sont réfléchis, en partie, dans des points beaucoup plus éloignés, très variables suivant la hauteur du soleil, et avant d'arriver aux thermomètres ils subissent une absorption en traversant les couches d'air assez riches en vapeur d'eau qui recouvrent le lac. L'influence dont il est ici question a pu avoir une importance qu'il me paraît impossible d'évaluer; mais on comprend que les courbes des planches II et III ne pouvaient se trouver ni bien régulières ni bien concordantes, puisque l'élément qu'elles représentent dépend d'un facteur aussi variable que l'état de la surface de l'eau.

Dans les stations plus éloignées du lac, telles que le Dézaley, Rivaz, etc., la chaleur réfléchie avait un chemin encore plus long à franchir entre la surface de l'eau et les appareils. Pour de faibles hauteurs du soleil, cette distance devenait considérable. Elle a souvent dépassé 1000 mètres d'après les nombres des colonnes D ; en réalité, elle était le plus souvent encore bien plus grande que ne l'indiquent ces nombres mêmes, parce que la réflexion provenait d'une trainée due à une surface frissonnante. On comprend qu'alors l'absorption produite par

l'air pouvait notablement affaiblir la chaleur reçue par la boule B.

A mesure que l'incidence des rayons augmentait, la proportion de chaleur réfléchie s'accroissait ; mais en même temps le chemin à parcourir jusqu'aux appareils devenait de plus en plus grand. Il pouvait ainsi se faire que, au-delà d'une certaine limite, la seconde influence l'emportant sur la première, la proportion de chaleur réfléchie reçue par les instruments cessât de s'accroître et atteignit un maximum pour diminuer ensuite. L'existence de ce maximum, suivi d'un décroissement, pour les faibles hauteurs du soleil, se retrouve évidemment dans plusieurs séries des stations éloignées du lac. On peut comparer, sous ce rapport, les courbes de la Pl. III (1, 2, 3, 5, 6), et celles de la Pl. II. — Les observations faites à la Vuachère sont également significatives dans le même sens (voir table XXII et XXIII), et malgré l'irrégularité des résultats, on voit que, pour une faible hauteur du soleil et une très longue distance parcourue par la chaleur réfléchie, cette proportion de chaleur diminue.

Une autre circonstance qui tend à faire paraître plus faible la chaleur réfléchie dans les stations élevées au-dessus du lac est la suivante : La méthode suivie pour calculer les nombres des colonnes L suppose que le rayon incident sur la surface de l'eau et qui, par sa réflexion, aboutit aux appareils, a la même intensité, à chaque instant, que le rayon solaire reçu directement par la boule C. Cela doit être sensiblement vrai lorsque les appareils sont près du rivage. Mais à mesure que les thermomètres sont plus élevée au-dessus de l'eau, les conditions cessent d'être aussi simples. Le rayon qui va jusqu'au lac et qui s'y réfléchit traverse une couche atmos-

phérique plus épaisse que celui qui arrive directement aux instruments ; il est donc plus affaibli que ce dernier par l'absorbition. — Par conséquent, en comparant la chaleur réfléchie qui atteint la boule B à la chaleur directe qui frappe C, on compare cette chaleur réfléchie avec un rayon un peu plus intense que celui d'où elle provient par une réflexion à la surface de l'eau. Le rapport doit donc paraître un peu plus faible qu'il n'est en réalité. Il y aurait là le motif d'une petite correction, malheureusement impossible à faire parce que l'on ne connaît pas assez bien la loi suivant laquelle la chaleur solaire est absorbée dans les couches profondes de l'atmosphère. Cette correction aurait pour résultat d'augmenter d'une petite quantité les chiffres des colonnes L dans les stations élevées, afin de les rendre comparables à ceux des stations inférieures.

24. Les tableaux ci-dessus, ainsi que les courbes des Pl. II et III font voir quelle est la fraction de la chaleur solaire réfléchie par le lac. Même en faisant la part des diverses causes d'erreur et d'incertitude qui ont été précédemment exposées, les chiffres obtenus montrent que cette chaleur réfléchie atteint une valeur considérable pour certaines hauteurs du soleil et dans certains états convenables de la surface du lac.

La plus forte proportion de chaleur réfléchie a été obtenue à Ouchy, le 12 septembre 1863, alors que le soleil était à $4^{\circ}38'$ au-dessus de l'horizon, et le 19 octobre 1863, à la Tour Haldimand, par $3^{\circ}34'$ de hauteur du soleil. Ce maximum a été 0,68 de la chaleur incidente. Outre ces deux cas extrêmes, il y a encore deux observations, dans

81 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 81
les stations basses, où la chaleur réfléchie dépasse la moitié de la chaleur incidente ⁽¹⁴⁾.

Une proportion de chaleur réfléchie comprise entre 0,40 et 0,50 de la chaleur incidente, se rencontre un certain nombre de fois aux stations d'Ouchy, Tour Haldimand, Dézaley et Rivaz, pour des hauteurs du soleil inférieures ou au plus égales à 7°27'.

La proportion 0,30 à 0,40 se retrouve plus fréquemment encore et pour des hauteurs du soleil inférieures ou au plus égales à 11°56'.

La proportion 0,20 à 0,30 est naturellement plus fréquente et se rencontre pour des hauteurs inférieures ou au plus égales à 16°35'.

Les quantités de chaleur inférieures à 0,20 forment la majorité de celles qui ont été observées et correspondent

(14) Par ce qui a été exposé précédemment, on a vu que la méthode employée pour calculer les quantités relatives de chaleur reçues par les deux boules n'a point la prétention de donner des résultats très exacts. Si l'on a égard aux causes qui peuvent diminuer le degré d'approximation que fournit cette méthode, on verra sans peine que ces causes doivent prendre plus d'importance lorsque les excès de température des boules B et C diffèrent beaucoup l'un de l'autre, ainsi lorsque B s'éloigne peu de la nature ambiante tandis que C présente un écart de 10 à 12°. Ce sera le contraire quand les deux boules ont des températures moins différentes et que B, par conséquent, s'éloigne davantage de la température ambiante.

En outre, dans le premier cas, une différence de un ou deux dixièmes de degré du thermomètre B peut changer assez fortement le chiffre qui représente la proportion de chaleur réfléchie; dans le deuxième cas, la même incertitude aura une portée beaucoup moins grande.

Il résulte de là que l'erreur relative dans l'évaluation de la proportion de chaleur réfléchie est plus faible quand cette proportion est forte. C'est pour les fractions (colonne L) très petites que les erreurs de l'observation et les imperfections de la méthode peuvent acquérir le plus d'importance.

généralement à des hauteurs du soleil supérieures à celles qui viennent d'être indiquées. — On a vu plus haut que les premières traces de chaleur réfléchie l'ont été seulement lorsque le soleil arrivait à une hauteur d'environ 30° .

A la station de Chexbres, la chaleur réfléchie a toujours été inférieure à 0,20. Cela tient sans doute à l'altitude de cette station. Le lac ayant été clapotant ou ridé durant les séries qui ont été faites à Chexbres, les rayons provenaient toujours d'une traînée plus ou moins longue et par conséquent d'une distance sûrement fort grande. Ils étaient par conséquent absorbés dans une grande mesure par les couches inférieures de l'atmosphère avant d'atteindre les instruments.

A la Vuachère, les rayons arrivaient également d'un lac un peu frissonnant et d'une distance très considérable. On voit que, dans cette station si éloignée du rivage, la chaleur réfléchie n'a jamais dépassé 0,12 de la chaleur directe fournie par le pâle soleil de décembre (voir la remarque du § 18).

25. On a vu précédemment pourquoi les quantités de chaleur des colonnes S ne peuvent pas être considérées comme donnant la loi suivant laquelle la chaleur directe du soleil varie avec la hauteur de cet astre. Cette loi ne peut être fournie que par des instruments où l'on tient compte de l'influence refroidissante du milieu ambiant (pyrhéliomètre Pouillet) ou par des instruments dans lesquels le milieu ambiant est maintenu constant (appareils de Soret, Secchi). — Si l'on suppose connue la loi dont il s'agit et si les présentes expériences fournissaient la proportion de chaleur réfléchie par le lac pour diverses incidences (lac supposé uni), on pourrait évidemment cal-

83 SÉP. RÉFLEXION DE LA CHALEUR SOLAIRE. BULL. 83

culer la quantité *réelle* de chaleur fournie par la réflexion du lac pour les diverses hauteurs du soleil.

Les résultats obtenus dans les présentes recherches ne permettent pas de calculer avec exactitude cette quantité de chaleur. Cependant, en choisissant dans les séries citées plus haut celles qui paraissent offrir le plus de régularité, soit dans les valeurs S, soit dans les rapports L, on peut entreprendre, au moins avec une certaine approximation, le calcul dont il s'agit.

On obtiendra évidemment les quantités réelles de chaleur réfléchie en faisant, pour chaque observation en particulier, le produit des nombres L par S. — J'ai choisi, pour ce calcul, les séries du Dézaley 28 septembre et 18 octobre, d'Ouchy 12 septembre, et de la Tour Haldimand 5 octobre. On trouvera, dans le tableau XXIV, les valeurs obtenues, lesquelles ont servi à construire les courbes M de la Pl. III ⁽¹⁵⁾.

On ne peut pas s'attendre à trouver, pour ces quatre séries, des courbes semblables ou des courbes bien régulières puisque toutes les causes perturbatrices ou variables (transparence de l'air, état du lac, distance de la station) qui influent sur S et sur L exercent aussi leur influence sur le produit de ces deux quantités.

A mesure que le soleil descend vers l'horizon, S diminue; en revanche, L augmente. L'inspection des courbes montre que, d'une manière générale, c'est cette dernière

⁽¹⁵⁾ Les rapports L sont donnés dans les Tabl. V à XXIII avec deux chiffres décimaux seulement; mais je les avais calculés, dans l'origine, jusqu'aux millièmes. Dans le Tabl. XXIV, le produit $L \times S$ a été obtenu en utilisant les rapports L avec trois chiffres décimaux. Les courbes des Pl. II et III ont aussi été construites en utilisant les millièmes.

influence qui l'emporte ; c'est-à-dire que la quantité de chaleur réfléchie s'accroît généralement lorsque l'astre s'abaisse. On aperçoit cependant que les quatre courbes indiquent un maximum ; en d'autres termes, qu'il y a une certaine hauteur du soleil, un peu avant son coucher, pour laquelle la quantité de chaleur réfléchie est la plus forte et à partir de laquelle la chaleur renvoyée par le lac diminue. Cette existence d'un maximum se vérifie dans toutes les autres séries, du moins dans toutes celles où les observations se sont poursuivies jusque près du coucher du soleil ; seulement, le maximum se produit un peu plus tôt ou un peu plus tard. Il doit effectivement varier avec l'état du lac.

(Tableau XXIV.)

26. Dans le tableau XXIV, le produit SL donne la quantité de chaleur réfléchie par le lac aux diverses heures d'observations, entre le moment où cette réflexion commence à être sensible jusque vers le coucher du soleil.

Il serait intéressant de pouvoir évaluer la quantité *totale* de chaleur réfléchie qui arrive à une station pendant les quelques heures où la réflexion peut l'atteindre. Cette quantité est évidemment variable d'un jour à l'autre pour les diverses raisons souvent indiquées déjà. Elle doit dépendre en outre de la hauteur et de l'orientation de la station par rapport au lac. Elle variera enfin par suite du changement de déclinaison du soleil. — Cependant, malgré ces influences qui enlèvent toute constance à l'élément dont il s'agit, il paraît intéressant de savoir, approximativement au moins, ce que peut être cette somme totale de chaleur dans quelques conditions déterminées.

J'ai cherché à faire cette évaluation pour les quatre

TABLEAU XXIV.

DÉZALEY 18 octobre.		DÉZALEY 28 sept.		TOUR HALDIMAND 5 octobre.		OUCHY 12 septembre.	
Distance sénith.	L × S	Distance sénith.	L × S	Distance sénith.	L × S	Distance sénith.	L × S
64,24 ⁰	0,25	63,44 ⁰	0,16	66,08 ⁰	0,35	58,26 ⁰	0,08
64,27	0,23	65,52	0,34	69,08	0,53	62,58	0,34
65,33	0,35	68,51	0,88	72,51	0,34	65,20	0,65
66,43	0,34	72,43	1,37	74,25	0,54	67,46	0,76
67,20	0,54	74,29	1,25	76,46	1,24	70,12	1,00
67,55	0,75	75,55	1,49	78,22	1,61	72,43	1,37
68,31	0,65	77,03	1,62	80,48	2,38	75,14	1,62
69,10	1,00	80,20	1,86	82,46	2,51	77,16	2,90
70,28	1,25	84,00	2,38	84,14	2,76	78,38	2,38
71,09	1,59	84,59	2,64	85,42	2,64	80,21	2,12
72,31	2,00	85,49	2,51			82,33	2,25
73,12	2,24	86,10	2,38			83,43	2,25
78,19	2,89					85,22	2,00
80,36	3,12						
81,22	3,15						
82,57	2,63						
83,43	2,12						

séries du Tabl. XXIV, en comparant les quantités de chaleur S L avec celles qui résultent de l'action directe du soleil et qui sont inscrites dans les colonnes S des tableaux précédents. — J'ai considéré la durée totale des observa-

tions d'une série comme partagée en intervalles de quinze minutes, puis j'ai supposé que, durant chacun de ces intervalles, l'action solaire (directe et réfléchi) demeurerait constante. J'ai cherché ensuite, pour ces diverses séries et pour les quarts d'heure successifs, les nombres qui représentent le plus approximativement la chaleur directe et la chaleur réfléchi. En ajoutant ces deux groupes de nombres, on obtient deux sommes qui sont proportionnelles l'une à la chaleur directe et l'autre à la chaleur réfléchi. — Voici les résultats de cette comparaison :

Dézaley, 28 septembre. A partir de 2^h 30^m, la chaleur directe est représentée par 133,6 et la chaleur réfléchi par 16,6.

Dézaley, 18 octobre. A partir de 3^h, chaleur directe, 125,3 ; — chaleur réfléchi, 19,9.

Ouchy, 12 septembre. A partir de 3^h, chaleur directe, 79,6 ; — chaleur réfléchi, 15,4.

Tour Haldimand, 5 octobre. A partir de 3^h, chaleur directe, 102,9, — chaleur réfléchi, 12,4.

Au *Dézaley*, on trouve donc que, à partir du moment où le lac a commencé à réfléchir jusque tout près du coucher du soleil, la chaleur réfléchi a été douze centièmes, le 28 octobre, et seize centièmes, le 18 octobre, de la chaleur directe fournie par l'astre.

A *Ouchy*, la même évaluation donne dix-neuf centièmes ; à la *Tour Haldimand*, douze centièmes.

Par le mode de comparaison qui vient d'être mentionné, on peut aussi évaluer l'importance relative de la somme de chaleur réfléchi en recherchant pendant combien de temps le rayonnement direct fournit une somme équiva-

lente. Voici ce que l'on trouve : Au Dézaley, les 28 septembre et 18 octobre, toute la chaleur réfléchiée par le lac et qui a pu atteindre la station est à peu près égale à celle que le soleil envoyait directement pendant les trois derniers quarts d'heure avant son coucher. — A Ouchy, le 12 septembre, la chaleur réfléchiée est un peu supérieure à celle que le soleil a donné durant les trois dernières quarts d'heure ; à la Tour Haldimand, le 5 octobre, cette chaleur équivaut à peu près à celle qui a été fournie par cet astre durant la dernière demie-heure avant son coucher.

Les évaluations qui précèdent ne doivent être considérées, je l'ai déjà dit, que comme des approximations ; je les crois cependant peu éloignées de la vérité. Ces évaluations, d'ailleurs, s'appliquent à certains cas déterminés. Elles fourniraient évidemment d'autres chiffres pour des circonstances différentes d'état du lac, d'état de l'air, d'orientation et d'altitude de la station, de déclinaison du soleil, etc. — Il est permis d'ajouter que les circonstances où l'on peut recueillir beaucoup de chaleur réfléchiée sont rarement plus favorables que celles qui se trouvaient réalisées dans les séries dont il vient d'être question. (Voir le § 35.)

27. Sans être bien considérable, la chaleur solaire réfléchiée par le lac est cependant assez importante pour exercer une influence sensible sur le climat des régions qui peuvent en profiter. Grâce au lac, la chaleur qui atteint une partie de la région située à l'est, au nord et à l'ouest du bassin du Léman se trouve un peu augmentée. C'est comme si, durant une certaine fraction de l'année, laquelle varie avec la situation des stations, le temps pendant lequel le soleil se trouve sur l'horizon était un peu prolongé.

Cet accroissement de chaleur doit avoir quelque influence sur la végétation et spécialement sur les vignobles qui recouvrent les pentes plus ou moins fortement inclinées du côté du lac. Le moment de l'année où la chaleur réfléchie par le lac peut atteindre la côte doit passablement varier d'une région à l'autre à cause de l'orientation. Ainsi, par exemple, le vignoble de Villeneuve, à l'extrémité orientale du lac, reçoit de la chaleur réfléchie à la fin des jours chauds de Juillet et d'Août, tandis que à cette époque, les vignobles de Lavaux n'en reçoivent pas d'une manière sensible. A ce moment, lorsque le soleil est assez bas sur l'horizon pour que le lac réfléchisse, l'azimut dans lequel se trouve l'astre ne permet pas aux rayons réfléchis d'atteindre Lavaux, tandis que la réflexion atteint parfaitement Villeneuve. — En automne au contraire, en septembre et octobre, plusieurs parties de Lavaux et spécialement les pentes fortement inclinées du Dézaley et de Rivaz reçoivent très bien la chaleur réfléchie. Il en est de même, quoique à un moindre degré, de Montreux et de Vevey.

Il me paraît probable que cette différence dans le moment où la chaleur réfléchie vient ajouter son action à la chaleur directe doit correspondre à quelque différence dans son action sur les végétaux. — Dans le vignoble de Villeneuve, la chaleur du lac vient agir durant une certaine phase de la végétation; au Dézaley, cette chaleur agit durant une autre phase. Ici, le raisin est près de sa maturité; là, il est encore en formation. Il est fort possible que ces différences ne soient pas étrangères aux différences dans la qualité des produits, et on peut se demander, entre autres, si la richesse en alcool bien connue des vins du Dézaley (richesse supérieure à celle de tous les autres crûs des bords du lac) ne provient pas de

ce que ce vignoble est particulièrement favorisé par la chaleur réfléchie à l'époque où le raisin mûrit et où le sucre se forme dans son intérieur.

On a vu que l'intensité de la chaleur réfléchie diminue pour des stations plus éloignées du lac à cause de l'absorption produite par la couche d'air traversée. Malgré cette diminution, cette chaleur doit se faire sentir jusque dans la zone supérieure au vignoble et jusque sur les flancs des montagnes qui entourent le bassin du Léman à son extrémité orientale. La colline de Sonchaud, qui domine Chillon, les monts de Caux, etc., sont très favorablement situés pour recevoir la chaleur réfléchie par le lac à la fin des jours de l'été et de l'automne. La végétation arborescente de ces sous Alpes doit bénéficier, dans une petite mesure, de ce surcroît de chaleur.

28. L'action réfléchissante du lac doit s'exercer en plus ou moins forte proportion sur *toutes* les radiations qui composent le flux solaire. Dans les expériences dont il est ici question, il s'agissait de la mesure de la chaleur, c'est-à-dire des radiations à faible réfrangibilité ou de la portion ultra-rouge du spectre, et des radiations à réfrangibilité moyenne, lesquelles produisent aussi l'impression de la lumière. — Il est extrêmement probable que les radiations très réfrangibles de la région ultra-violette se réfléchissent aussi. Ces radiations-là, et une partie de celles qui produisent l'effet lumineux, forment une fraction du flux solaire dont l'effet thermique est très faible, mais dont l'action finale n'est pas nulle pour cela. Cette fraction provoque, on le sait, les phénomènes chimiques et elle doit agir, dans une certaine mesure, sur la végétation.

Je ne sais quelles sont les radiations élémentaires du

flux solaire qui impressionnent le plus vivement l'épiderme chez l'homme, qui produisent ce changement de coloration, ce hâle si caractéristique du visage et des mains. Il me paraît probable que ces radiations sont réfléchies dans une forte proportion par le lac, car les personnes qui sont fréquemment et longuement exposées au soleil, près de la surface de l'eau (bateliers, etc.) présentent un hâle particulièrement foncé. Il est à remarquer d'ailleurs que la direction, oblique de bas en haut, des rayons réfléchis rend illusoire le rôle protecteur ordinaire de la coiffure.

Les végétaux qui reçoivent les radiations lumineuses et calorifiques réfléchies par le lac les reçoivent dans une direction assez différente de celle qui est suivie par le rayonnement direct du soleil. Les rayons réfléchis arrivent « par dessous » ; ils atteignent des portions ou des faces du végétal que n'atteindraient pas les rayons directs. Cette différence m'a apparu avec toute son importance au Dézaley, à l'époque où les raisins étaient en pleine maturité, et où j'ai constaté, sur un grand nombre de ceps, que beaucoup de grappes étaient éclairées et réchauffées par les rayons réfléchis, tandis que les rayons directs, arrêtés par les feuilles et les parties supérieures de la plante, les atteignaient imparfaitement. Dans bien des cas, sans doute, cette addition de la chaleur et de la lumière réfléchies peut contribuer à dorer plus uniformément les grains de raisin.

29. On observe fréquemment, près de la surface du lac Léman, le phénomène optique du mirage. — Le mirage se produit, on le sait, lorsque les couches inférieures de l'air sont notablement plus chaudes que celles qui sont immédiatement au-dessus. Cette différence de température

détermine une densité plus faible dans les couches les plus basses ; elle se rencontre habituellement lorsque l'eau est plus chaude que l'air et que les portions inférieures de l'atmosphère se réchauffent exceptionnellement par le voisinage et le contact de la surface acquieuse.

Mais on observe quelquefois des mirages parfaitement caractérisés alors que les températures relatives de l'air et de l'eau ne permettent pas de supposer que c'est le contact de l'eau qui a réchauffé l'air. On observe des mirages alors que la température de l'air est de plusieurs degrés supérieure à celle de l'eau. Je puis citer, comme exemple, les mirages qui existaient lors des séries d'observations faites à la Tour Haldimand (voir § 18). La température du lac, *près du bord*, était de 14 à 15°. Au large, cette température était très probablement encore plus faible. Il suffit de consulter les tableaux pour voir que l'air, même à une certaine hauteur au-dessus de la surface, était plus chaud. Ce n'est donc pas le contact du liquide qui pouvait donner aux couches atmosphériques les plus rapprochées de la surface une température un peu plus élevée que celle des couches plus éloignées de l'eau.

Dans des cas semblables (et ils sont très fréquents), l'explication du phénomène doit être cherchée ailleurs que dans une influence réchauffante de l'eau sur l'air. — Je pense qu'on peut indiquer deux causes comme capables de produire les circonstances nécessaires pour que le mirage ait lieu.

1. Les couches d'air très voisines de l'eau sont probablement un peu plus riches en vapeur d'eau que celles qui sont plus élevées. Or, l'air plus humide agit, quoique à un faible degré, comme un corps moins réfringent par rapport à l'air moins humide. Cette cause-là explique sans

doute à elle seule les mirages faibles, mais pourtant bien reconnaissables, qui s'aperçoivent alors que l'eau est moins chaude que l'air et que les nuages empêchent le rayonnement du soleil.

2. Lorsque le soleil brille, ses rayons sont probablement absorbés en plus forte proportion par les couches très voisines de l'eau, parce que ces couches sont plus chargées de vapeur. Cette absorption doit se faire sur le rayon direct et sur le rayon réfléchi; elle doit contribuer à réchauffer les couches les plus basses un peu plus que celles qui sont plus élevées et, pour ce motif, donner lieu à la différence de densité dont le mirage est une conséquence.

L'observation directe m'a montré ⁽¹⁶⁾ qu'un décroissement de température au plus égal à un degré, entre la couche d'air la plus rapprochée de l'eau et celle qui est à un mètre, suffit pour que le mirage soit extrêmement prononcé et pour que le plan caustique paraisse très élevé au-dessus du lac. Des différences de température bien plus faibles peuvent donc suffire pour donner lieu à des mirages qui sont bien plus faibles également.

30. La réflexion de la chaleur solaire par la surface d'un grand bassin d'eau ne dépend sans doute pas de l'absence de salure. Je pense donc que les phénomènes qui sont étudiés dans le présent travail se produisent à la sur-

⁽¹⁶⁾ « Des températures de l'air et des mirages, etc. » *Bulletin de la Soc. des Sc. nat.*, nos 37 et 38, année 1856.

Je compte revenir, dans une autre occasion, sur cette question des mirages qui apparaissent lorsque la température de l'eau est plus froide que celle de l'air.

face de la mer et donnent lieu aux mêmes conséquences favorables pour la végétation des côtes convenablement orientées.

A mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, l'obliquité moyenne des rayons solaires augmente et par conséquent ceux de ces rayons qui atteignent les surfaces océaniques doivent se réfléchir dans une proportion de plus en plus forte. Une partie de ces rayons réfléchis est absorbée par l'atmosphère et sert à la réchauffer, mais une autre partie échappe à cette absorption et est rejetée vers les espaces célestes. La prédominance considérable des mers dans les hautes latitudes de l'hémisphère austral doit donc avoir pour conséquence une moins grande utilisation de la chaleur directement fournie par le soleil. Dans l'hémisphère nord, où les surfaces continentales l'emportent, cette perte de chaleur doit être moins grande.

Je m'empresse d'ajouter que cette considération isolée ne suffit pas pour qu'on ait le droit de conclure à une température moyenne plus basse de l'hémisphère austral. La chaleur qui réchauffe les hautes latitudes des zones tempérées et polaires n'est pas uniquement due au rayonnement direct du soleil; les courants marins et atmosphériques qui, de l'équateur, arrivent dans ces latitudes y apportent une grande masse de chaleur, soit à l'état de chaleur sensible soit à l'état de chaleur latente dans la vapeur d'eau. La question de la différence possible de température entre les deux hémisphères doit tenir compte de ces diverses sources de réchauffement, et aussi des pouvoirs émissifs de l'eau et de la terre; cette question est manifestement très complexe et sa discussion ne peut pas trouver place ici.

Comparaisons avec le pyrhéliomètre direct. — Evaluations en chaleur absolue.

31. Assez longtemps après l'époque où ont été faites les observations dont il a été question jusqu'ici, j'ai eu à ma disposition un pyrhéliomètre. Il m'a paru intéressant de comparer les indications de cet instrument avec celles des boules qui m'avaient servi et de transformer en quantités absolues de chaleur les données toutes relatives fournies par ces boules.

Le pyrhéliomètre employé est absolument semblable à celui qu'a décrit et utilisé M. Pouillet sous le nom de *pyrhéliomètre direct*. — Le thermomètre est divisé en cinquièmes de degrés; le bouchon que traverse sa tige est de caoutchouc afin d'empêcher, autant que possible, le passage de la chaleur de l'eau du pyrhéliomètre aux autres parties de l'instrument. La surface exposée au soleil est celle d'un disque de dix centimètres de diamètre, d'argent mince, formant la base du cylindre aplati contenant l'eau. Cette surface a été soigneusement recouverte d'une couche de noir de fumée velouté ⁽¹⁷⁾.

On sait en quoi consiste la méthode indiquée par Pouillet et généralement employée depuis lui pour faire usage de cet instrument. On observe l'effet de l'air ambiant avant puis après l'exposition au soleil, et on en déduit la correc-

⁽¹⁷⁾ Dans tout ce chapitre, je me base sur les indications du pyrhéliomètre pour calculer la quantité de chaleur fournie par le soleil conformément aux travaux de Pouillet et d'autres; mais je ne méconnais pas la justesse des critiques qui peuvent être adressées à cet instrument. Le noir de fumée diffusant un peu la chaleur rayonnante, l'appareil doit donner des valeurs trop faibles.

tion qui doit être appliquée aux indications du thermomètre. Il est à remarquer, toutefois, que le thermomètre n'atteint pas son maximum au moment où l'instrument est de nouveau placé derrière l'écran, après les cinq minutes d'action solaire. La température continue à s'élever encore pendant une minute environ, puis elle demeure sensiblement stationnaire quelques instants et recommence à baisser plus ou moins longtemps après que l'action solaire a été supprimée. Ainsi, quand on lit la température à l'expiration de la cinquième minute, on n'observe pas tout le réchauffement que le soleil est capable de produire dans l'instrument.

Après quelques tâtonnements préliminaires, j'ai opéré avec la méthode et dans les circonstances suivantes :

Le pyrhéliomètre était placé dans une chambre où le soleil pénétrait par une fenêtre ouverte. L'instrument était, longtemps avant l'observation, installé à l'ombre, près de la limite du flux solaire, et continuellement tourné dans ses colliers afin de mélanger les couches liquides. Une loupe, convenablement tenue par un support lié au pyrhéliomètre, permettait de lire avec plus de précision les indications du thermomètre. — Dans ces conditions, l'instrument arrivait à une température qui ne variait plus que très peu dans le courant de plusieurs minutes ; c'est quand il était arrivé à cette température à peu près constante qu'on l'exposait cinq minutes à l'action du soleil, en continuant à observer le thermomètre de minute en minute ou de deux en deux minutes. On obtenait ainsi des excès de température, x_1 , x_2 , etc. A la cinquième minute, l'instrument était ramené à l'ombre ; sa température continuait à s'élever et le maximum était atteint à six minutes plus ou moins quelques secondes. Lorsque l'appareil

avait sûrement fourni son maximum, on le remplaçait quelques moments au soleil, de manière à le rechauffer d'environ un degré, puis on le retirait à l'ombre et l'on observait son refroidissement.

La température ambiante était suivie à l'aide d'un second thermomètre plongé dans la boule **B**, laquelle était placée près du pyréliomètre et à l'abri du soleil. La variation de cette température, pendant le refroidissement du pyréliomètre, a toujours été faible; cependant, il en a été tenu compte pour estimer, à chaque instant, l'excès du pyréliomètre sur l'atmosphère ambiante.

Les diverses températures du pyréliomètre, notées de quatre en quatre minutes, étaient portées comme ordonnées et servaient à obtenir la courbe du refroidissement. Cette courbe, un peu irrégulière, était rectifiée au juger; après cette régularisation, elle servait à construire une petite table donnant le refroidissement de l'instrument, durant une minute, pour divers excès de température. À l'aide de cette table, on corrigeait l'observation faite au soleil, en faisant porter la correction sur les divers excès $x_1, x_2, \dots$ pris à part ⁽¹⁸⁾.

La méthode que je viens de décrire n'est assurément pas irréprochable et laisse place encore à diverses incertitudes; cependant, ces incertitudes sont petites et inférieures, je le crois, à celles qui subsistent dans le procédé ordinairement employé. L'inconvénient de cette méthode est d'exiger plus de temps que celle qui est indiquée par

(18) Le thermomètre du pyréliomètre et celui de la boule **B** avaient été comparés dans des expériences préliminaires, afin de déterminer leur correction relative. Cette correction a été faite dans les chiffres qui sont cités plus bas.

M. Pouillet; elle ne serait guère applicable si l'on voulait faire plusieurs observations dans le courant d'une matinée ou d'une après-midi et si l'on opérait en plein air.

En même temps que le pyrhéliomètre, j'observais la boule C pourvue de son thermomètre et exposée au soleil. Cette boule présentait un excès t^0 au-dessus de l'air ambiant sous l'influence du flux solaire qui faisait monter, en cinq minutes, de x^0 la température du pyrhéliomètre.

Les observations simultanées du pyrhéliomètre et de la boule C n'ont pas été aussi nombreuses que je l'avais espéré. Après cinq comparaisons pareilles, faites en septembre 1872, il est malheureusement survenu un petit accident qui a modifié l'état de la surface absorbante de l'instrument.

Tableau a.

13 septembre 1872, entre 5 et 6 heures.

Temps.	Températ. amb.	Excès de C.	Pyrhéliomètre.
5h03m . . .	24,72 . . .	9,98 . . .	24,38
09 . . .	24,75 . . .	9,25 . . .	24,48
12 . . .	24,70 . . .	9,20 . . .	24,52
17 . . .	24,68 . . .	8,80 . . .	24,58
20 . . .	24,62 . . .	8,72 . . .	24,62
21 . . .	24,65 . . .	8,53 . . .	24,60
22 . . .	24,65 . . .	8,56 . . .	24,60
24 . . .	24,62 . . .	8,32 . . .	25,02
26 . . .	24,60 . . .	8,10 . . .	25,78
27 . . .	24,60 . . .	8,02 . . .	26,00
28 . . .	24,64 . . .	7,87 . . .	26,14
29 . . .	24,60 . . .	7,80 . . .	26,06
30 . . .	24,62 . . .	7,72 . . .	26,04

32. Afin de ne pas prolonger en citant trop de chiffres, je me contenterai de donner avec détail une des comparaisons faites; cela suffira pour que l'on voie en quoi consistait la méthode. (Tableau *a*, page précéd.)

Le pyrhéliomètre a été exposé au soleil entre 22 et 27^m. Il a continué à monter, a atteint 26°,14 à 28 minutes moins quelques secondes et s'est conservé quelques instants à cette température, puis a baissé de nouveau.

L'observation du refroidissement, faite comme il a été dit plus haut, a fourni la marche suivante :

Temps.	Excès de température du pyrhéliomètre.		Différence.
0 ^m	2,30		0,15
4	2,15		0,15
8	2,00		0,14
12	1,86		0,12
16	1,74		0,12
20	1,62		0,11
24	1,51		0,11
28	1,40		0,10
32	1,30		0,08
36	1,22		0,08
40	1,14		0,07
44	1,07		

On en déduit l'abaissement de température, pendant 2 minutes, pour divers excès au-dessus de la température ambiante. Les vitesses du refroidissement sont à peu près proportionnelles aux excès de température et l'on a admis cette proportionnalité pour calculer le refroidissement dû à l'air de 22 à 24^m et de 24 à 26^m. Vu la faible valeur

de la correction, ce mode de procéder est suffisamment exact.

De 22 à 24^m, le pyrhéliomètre a monté de 0^o,42; excès moyen, 0^o,21. La correction, pour ces deux minutes, est 0,007. — De 24 à 26^m, l'excès moyen est 0^o,80; la correction, 0^o,028. — De 26 à 28^m, l'excès moyen est 1^o,36; la correction, 0^o,047. — La correction totale est donc 0^o,08, laquelle étant ajoutée à 1^o,54, accroissement de température observé, donne 1^o,62 comme résultat de l'action solaire durant cinq minutes.

Les excès de température fournis par la boule exposée au soleil n'ont pas été constants durant les cinq minutes d'observation. Le soleil s'abaissait vers l'horizon et son intensité rayonnante diminuait assez rapidement. Il y a forcément un peu d'incertitude sur le chiffre qui doit être choisi comme exprimant l'excès moyen correspondant à l'action solaire entre 22 et 27 minutes. Comme les indications du thermomètre sont un peu en retard et se rapportent à l'état du flux solaire quelques instants avant le moment où l'on observe, j'ai pris la moyenne entre les quatre lectures faites à 24, 26, 27 et 28 minutes; cette moyenne est 8^o,08. — Il est hors de doute que des comparaisons comme celles dont il est ici question seront toujours plus sûres lorsque l'action solaire sera demeurée plus constante durant les cinq minutes que dure la mesure au pyrhéliomètre, et que le thermomètre de la boule ne variera que peu. La série que je donne comme exemple était des moins favorables sous ce rapport; celles des 3, 9 et 12 septembre ont offert des conditions meilleures. Le 28 septembre, l'atmosphère n'était pas parfaitement pure; un très léger voile blanchâtre, uniforme, recouvrait le ciel.

33. Voici maintenant (en laissant de côté, pour les autres séries, les détails des observations) les résultats obtenus :

Date. Septembre.	Heure moyenne.	Excès de la boule C.	Réchauffement du pyrhl.	Correction.	Réchauffement. total du pyrhl.
3	4 ^h ,57 ^m	10,60	2,14	+0,10	2,24
9	5, 08	11,45	2,34	+0,11	2,45
12	9, 46	16,94	3,67	+0,19	3,86
13	5, 25	8,08	1,54	+0,08	1,62
28	4, 24	6,09	1,14	+0,06	1,20

Avec ces données, il est possible de calculer la quantité totale de chaleur fournie par le soleil durant une minute sur un centimètre carré.

Le vase du pyrhiomètre, réduit en eau, équivaut à 13^g,2. Ce vase contenait 102^g de liquide. Un réchauffement de x^0 représente 115,2 x unités de chaleur (le millièmi de calorie admis comme unité). La surface insolée de l'appareil étant 78,54 centimètres carrés, la quantité

$$P = \frac{115,2 x}{5 \times 78,54} = 0,2933 x \text{ représentera le nombre}$$

d'unités de chaleur rayonnées par le soleil durant une minute sur un centimètre carré. On trouvera ces quantités P dans le tableau ci-dessous.

Le Tabl. II (§ 9) fournit des nombres qui représentent les quantités de chaleur reçue par la boule pour divers excès de température. En recherchant dans ce Tabl. les valeurs qui se rapportent aux excès observés dans les cinq séries dont il est ici question, on doit trouver des nombres proportionnels aux quantités P. Ces nombres sont

inscrits dans la colonne E ci-dessous. Enfin, il est évident que la division de P par E, pour chaque série, doit représenter la quantité absolue de chaleur (c'est-à-dire la quantité de chaleur fournie par le soleil en 1^m sur 1^{cc}) qui correspond à l'unité conventionnelle admise dans toute la première partie du présent mémoire, soit la quantité de chaleur capable de donner à la boule un excès de 1° sur l'air ambiant ; — avec la réserve toutefois que les rapports $\frac{P}{E}$ s'appliqueront aux circonstances dans lesquelles ont été faites les cinq séries actuelles, c'est-à-dire alors que la boule était placée dans un air presque tout à fait calme et dans un local fermé, à l'exception de l'ouverture par laquelle entrait le flux solaire. Il a été longuement établi plus haut (☉) que l'unité du Tabl. II représente des quantités absolues de chaleur un peu différentes suivant les conditions dans lesquelles les boules sont exposées.

Septembre.	P	E	$\frac{P}{E}$
3 . . .	0,657 . . .	14,58 . . .	0,0451
9 . . .	0,713 . . .	15,85 . . .	0,0450
12 . . .	1,132 . . .	24,28 . . .	0,0466
13 . . .	0,475 . . .	10,80 . . .	0,0440
28 . . .	0,351 . . .	7,88 . . .	0,0445

Moyenne : 0,0450

Le rapport $\frac{P}{E}$ devrait se trouver le même pour toutes les séries. On voit qu'il n'en est pas exactement ainsi. Cependant, les différences demeurent comprises entre des limites assez restreintes ; les valeurs isolées offrent, avec la moyenne, un écart moyen de $\pm 0,0006$, soit environ 0,013 de la quantité elle-même. Ce résultat peut être con-

sideré comme une vérification intéressante des valeurs relatives (Tableau II) qui ont servi de base à tous les calculs des quantités de chaleur dans la première partie du mémoire.

J'aurais désiré étendre cette vérification aux nombres les plus faibles du Tabl. II, à ceux qui correspondent à de petits excès de la température de la boule. Pour cela, il aurait fallu pouvoir soumettre la boule et le pyrhéliomètre à un flux de chaleur qui demeurât assez constant pendant au moins cinq minutes, qui agit avec la même intensité sur les deux appareils et qui fût suffisamment faible. Je n'ai pas pu jusqu'ici réunir ces trois conditions d'une façon assez satisfaisante.

34. La boule C pèse 90 grammes. Réduite en eau, elle représente 89,46, et par conséquent toute variation de température t° qu'elle subit, durant une minute, correspond à une quantité de chaleur égale à 8,46 t . Soit V la vitesse du refroidissement dans les expériences mentionnées plus haut, les quantités de chaleur que la boule recevait ou perdait pendant une minute étaient donc équivalentes à 8,46 V . — La quantité V est donnée dans le Tabl. II, colonne M (§ 9) pour les conditions dans lesquelles ont eu lieu les séries I et II; ces conditions ne différaient pas beaucoup de celles qui se trouvaient réalisées lors des comparaisons avec le pyrhéliomètre, et il est intéressant de calculer, avec ces valeurs de V , la quantité absolue de chaleur que la boule recevait du soleil en une minute, puis de comparer le résultat de ce calcul avec les quantités P reçues et absorbées par le pyrhéliomètre. On trouvera les éléments de cette comparaison dans le tableau ci-dessous.

Septembre	V. du refroidisse- ment d'après Tabl. II.	Chaleur reçue par C. 8,46 V.	Rapport entre la chal. reçue par la boule et la chal. reçue par le pyrhl.
3 . . .	2,34 . . .	19,8 . . .	0,384
9 . . .	2,54 . . .	21,5 . . .	0,381
12 . . .	3,88 . . .	32,8 . . .	0,369
13 . . .	1,73 . . .	14,6 . . .	0,391
28 . . .	1,27 . . .	10,7 . . .	0,387

Moyenne : 0,382

On voit que la boule absorbait à peu près les quatre dixièmes seulement, avec de faibles écarts d'une série à l'autre, de la chaleur que recevait le pyréliomètre. D'où provient cette différence? La boule étant sphérique et ayant un diamètre de dix centimètres, sa demi-surface convexe absorbante était atteinte par un flux de même section que celui qui atteignait le pyréliomètre; mais ce flux n'était pas absorbé en totalité. Le noir de fumée verni qui recouvre la boule a un coefficient d'absorbition inférieur à celui du noir de fumée velouté; en outre, quoique le vernis fût mat, il y avait une fraction assez notable de chaleur réfléchie par la demi-sphère sur laquelle l'incidence n'était normale qu'en une région très limitée. Ces deux causes expliquent sans doute suffisamment ce rapport de 4 à 10 entre la chaleur recueillie par la boule et celle qu'absorbait le pyréliomètre. (La petite quantité de chaleur employée à chauffer l'air de la boule et la substance du thermomètre a été négligée dans ce calcul.)

35. Si l'on suppose que les vitesses absolues du re-

froidissement, lors des expériences faites près du lac, étaient les mêmes que lors des comparaisons avec le pyrhéliomètre, on peut rechercher, avec les données qui viennent d'être obtenues, la quantité absolue de chaleur réfléchie par le lac dans les quatre séries qui ont été discutées au § 26.

On a vu que le 12 Sept., à Ouchy, l'addition des nombres représentant (en unités conventionnelles) les quantités de chaleur réfléchie par le lac, dans douze observations successives, a donné 15,34. Chacune de ces observations correspond à l'état moyen durant un intervalle de quinze minutes. La somme totale de chaleur réfléchie est évidemment la même que si chacune des douze observations eut fourni $\frac{15,34}{12}$, soit 1,28. Or, on a vu plus haut que l'unité conventionnelle correspond à 0,045 millièmes de calorie pendant chaque minute sur chaque centimètre carré. On aura donc la somme de toute la chaleur réfléchie par le lac à Ouchy, le 12 Sept., en faisant le produit :

$$1,28 \times 0,0450 \times 15 \times 12 = 10,36$$

Un calcul semblable peut s'appliquer aux trois autres séries mentionnées au § 26. On obtient comme résultat, exprimé en *calories* sur un *mètre carré*, les nombres suivants :

Ouchy, 12 Septembre	104 calories.
Tour Haldimand, 5 octobre . .	84 »
Dézaley, 28 septembre	112 »
Dézaley, 18 octobre	134 »

Ce sont donc les quantités totales de chaleur réfléchie par le lac, sur chaque mètre carré d'une surface normale au rayon, depuis le moment où la réflexion a commencé à se faire sentir jusque tout près du coucher du soleil.

Je m'empresse d'ajouter que ces nombres sont entachés de quelque incertitude pour deux motifs principaux :

1. La méthode par laquelle on a obtenu le premier facteur qui entre dans leur formation est seulement approximative (§ 26).

2. Le second facteur suppose certaines conditions ambiantes, celles qui étaient réalisées lors des comparaisons avec le pyréliomètre. Or, dans les observations faites près du lac, l'air était moins calme et par conséquent les causes de refroidissement devaient être plus actives. Il en résulte que ce deuxième facteur devrait être un peu plus considérable pour correspondre aux circonstances dans lesquelles ont été faites les mesures de réflexion de la chaleur par le lac.

Il est d'ailleurs convenable de rappeler que les observations ont forcément cessé quelques minutes avant le coucher du soleil. Pour cette raison donc, le résultat du calcul qui vient d'être exposé doit être un peu au-dessous de la réalité.

Le degré d'approximation auquel peuvent prétendre les nombres des calories indiqués plus haut échappe naturellement à une appréciation précise. Cependant, en faisant une large part à l'incertitude qui peut résulter de la méthode indiquée au § 26 ; en tenant compte largement aussi des différences dans la vitesse absolue du refroi-

dissement des boules lorsque l'air était calme ou un peu agité autour d'elles, je pense que l'incertitude dont sont affectés ces nombres de calories *n'atteint pas* un quart de leur valeur et qu'ils sont très-probablement inférieurs plutôt que supérieurs à la quantité réelle de chaleur réfléchie par le lac. — Je rappelle en outre les remarques contenues dans les dernières phrases du § 26.

APPENDICE.



Les tables mentionnées au § 14 facilitent dans une si grande mesure le calcul de la hauteur du soleil d'après l'heure de l'observation, que je les ai complétées en les étendant à toutes les valeurs de la déclinaison de 0° à $\pm 24^{\circ}$. Sur la demande qui m'en a été faite par quelques-uns de mes collègues de la Société vaudoise des sciences naturelles et malgré leur intérêt un peu local, je reproduis ici ces tables qui pourront être utilisées par d'autres personnes.

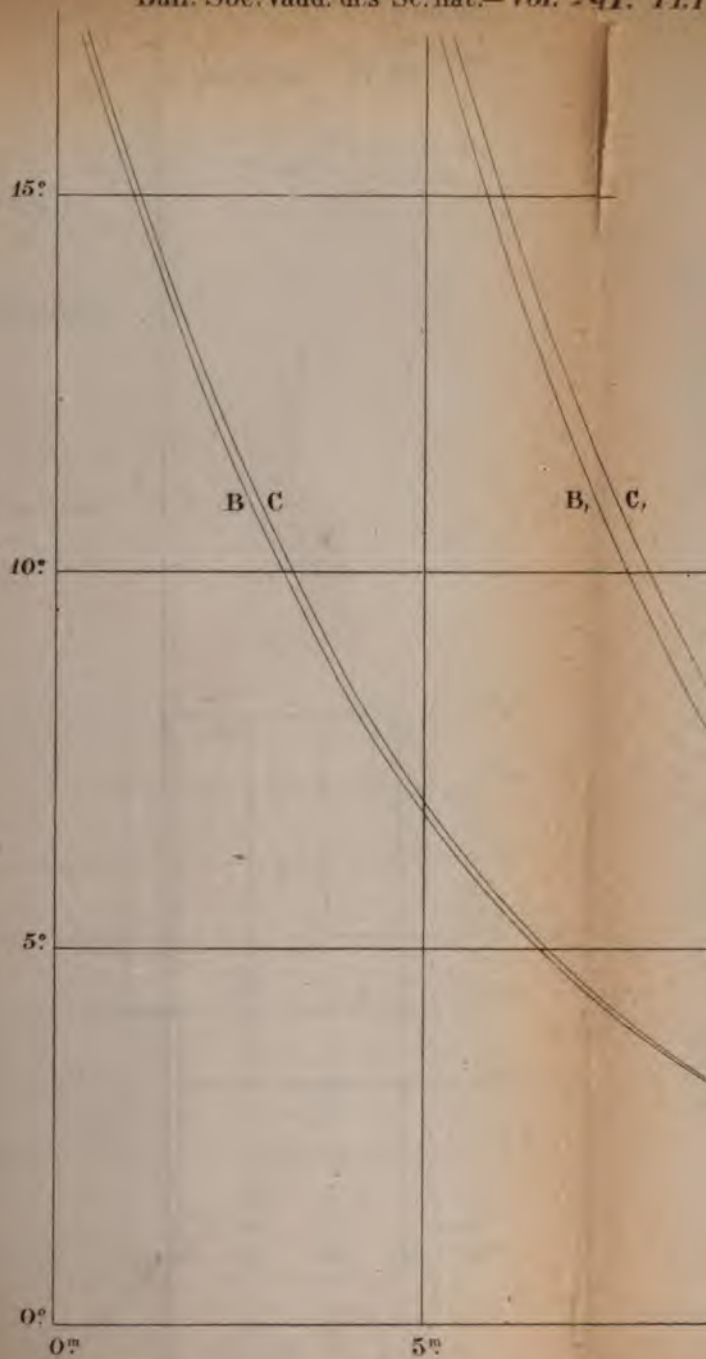
On trouvera avantage à exprimer les minutes de la déclinaison en centièmes de degré pour employer directement les nombres des colonnes *différences*.

Les valeurs $\log. d$ $\log. l$ doivent se prendre en + ou en — suivant que les déclinaisons sont boréales ou australes.

Je rappelle que ces tables sont calculées pour la latitude de $46^{\circ},30'$ (Lausanne). Elles ne peuvent donc s'appliquer, avec une approximation satisfaisante, que pour les localités qui ne sont pas trop éloignées de cette latitude-là; c'est le cas de la plupart des villes vaudoises de la rive nord du lac Léman. On a vu (§ 15) quelle erreur l'on commet sur la hauteur du soleil lorsque la latitude diffère un peu de $46^{\circ},30'$, ainsi que l'influence d'une petite incertitude sur l'heure de l'observation.

TABLEAU XXV.

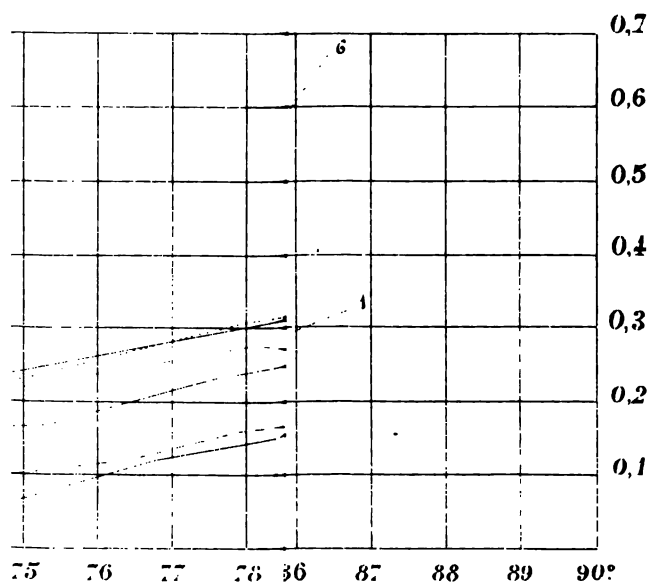
d	tang. d tang. l	Diff.	log. cos. d + log. cos. l	Diff.
0°	0,00000	0,01839	19,83781	0,00007
1	0,01839	1841	83774	19
2	0,03680	1843	83755	34
3	0,05523	1846	83721	46
4	0,07369	1851	83675	60
5	0,09220	1856	83615	73
6	0,11076	1863	83542	86
7	0,12939	1871	83456	100
8	0,14810	1880	83356	113
9	0,16690	1891	83243	127
10	0,18581	1902	83116	140
11	0,20483	1915	82976	154
12	0,22398	1929	82820	167
13	0,24328	1945	82653	182
14	0,26273	1963	82471	196
15	0,28236	1981	82275	210
16	0,30217	2001	82065	224
17	0,32218	2022	81841	239
18	0,34240	2045	81602	254
19	0,36285	2069	81348	268
20	0,38354	2096	81080	284
21	0,40450	2125	80796	298
22	0,42575	2155	80498	314
23	0,44730	2186	80184	330
24	0,46917		79854	





ir par le lac.— *Pl. II.*

leur réfléchie.



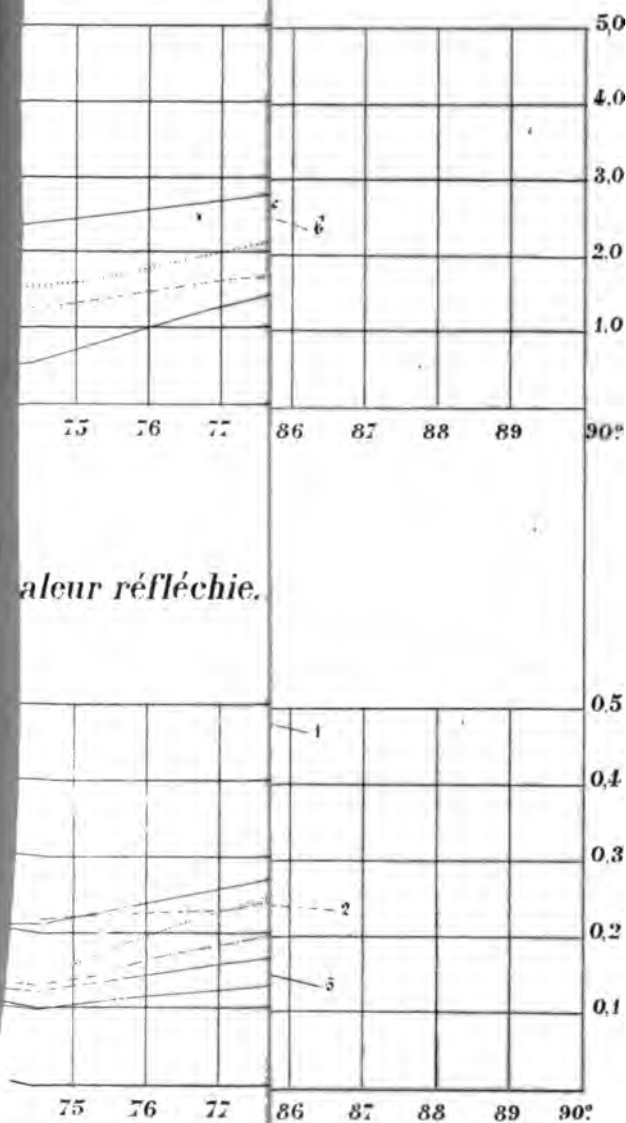
1. 2. 3. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1

2

eur par le lac.— *Pl. III.*

s *M.*



aleur réfléchie.

NOTE
SUR LE
GYPSE ET LA CORGNEULE
DES ALPES VAUDOISES

PAR
S. CHAVANNES,
pasteur à Bex.

Les ramifications des Alpes vaudoises, bernoises et fribourgeoises, sur le versant occidental et septentrional de la chaîne principale, présentent de nombreux gisements de gypse et de corgneule (Rauchwacke). Ces roches affleurent sur la plupart des cols et se rencontrent fréquemment dans les ravins et au débouché des vallées.

Leur position, dès le début des recherches sur le soulèvement des Alpes, sembla devoir leur assurer une grande importance comme donnant un horizon de soulèvement et fournissant une base pour l'établissement des coupes stratigraphiques.

Pour cela il eût fallu que leur âge fût bien déterminé par des fossiles caractéristiques; mais ce ne fut pas le cas. Jusqu'ici le gypse et la corgneule n'ont fourni aucun fossile. Ce moyen de détermination manquant, il ne restait plus, pour la fixation de leur âge, qu'à bien s'assurer de

leur position stratigraphique par rapport à d'autres roches déterminées elles-mêmes par des fossiles caractéristiques.

Comme sur plusieurs points, notamment dans les terrains salifères de Bex, on avait observé le gypse et la corgneule dans le voisinage immédiat du lyas, et comme ailleurs on trouve des gypses salifères dans les formations triasiques, on avait cru pouvoir en conclure que nos gypses salifères de Bex appartenaient au trias, et on avait étendu cette détermination à tous les autres gisements de gypse sans s'inquiéter de leur entourage stratigraphique. Partout où l'on voyait le moindre affleurement de gypse ou de corgneule sa voisine, on disait sans sourciller : voilà du trias.

Pour pouvoir baser là-dessus des coupes et des profils on était obligé de faire subir aux couches avoisinantes, soit dans les profondeurs de la croûte terrestre, soit dans les hauteurs de l'atmosphère, les contorsions souvent les plus fantastiques.

Une étude sérieuse des faits réduit à néant cet échaffaudage de déterminations arbitraires et de profils aventureux. Nous allons rapidement exposer les conclusions auxquelles nous ont amené une longue série d'observations.

I. Gypse.

Le gypse des Alpes vaudoises n'appartient pas au trias.

Il n'est pas une roche sédimentaire, mais bien une roche métamorphique.

Reprenant à part ces deux points et classant nos développements sous leurs chefs respectifs, nous dirons :

1^o Nulle part on ne voit, dans le massif qui nous occupe, des roches vraiment triasiques accompagner le gypse et la corgneule ou affleurer dans le voisinage du lyas.

Le gypse affleure très souvent au contact de formations beaucoup plus récentes que le lyas, telles que les terrains crétacés et éocènes.

On n'a pas d'exemples concluants de la superposition du lyas sur le gypse, non plus de celle de la corgneule sur le gypse ou du lyas sur la corgneule.

Les exemples de prétendue superposition sur lesquels on se base sont le fait d'observations incomplètes et de la confusion qui a régné jusqu'ici dans la détermination de la corgneule. Pour celle-ci nous verrons tout-à-l'heure quelles distinctions importantes il faut y faire.

2^o On retrouve à chaque pas dans le gypse des preuves évidentes de son état métamorphique ou épigénétique, indiquant qu'il provient de la transformation de masses essentiellement calcaires, d'âges très-divers, dans lesquelles l'acide sulfurique a été substitué à l'acide carbonique.

Ces preuves consistent surtout dans un état de la roche qui fait toucher au doigt un *arrêt de transformation*.

C'est ainsi qu'on observe très fréquemment, au milieu d'un affleurement de gypse, des bandes plus ou moins considérables de calcaire crevassé, fendillé et en partie transformé en gypse. Parfois on voit ces bandes finir peu à peu en pointe, les fragments de calcaire devenant de plus en plus petits pour disparaître entièrement dans la masse gypseuse. Ce phénomène, très frappant et très caractéristique s'observe tantôt en petit, sur un espace de la grandeur de la main, tantôt en grand, si bien que tout un ensemble de couches de calcaire ou de schistes peut se trouver intercalé dans le gypse. Dans ce dernier cas il

pourrait sembler à première vue qu'il y ait des alternances stratigraphiques de gypse et de calcaire ; mais il n'en est rien ; l'alternance indique seulement que dans la masse des terrains qui ont été généralement transformés en gypse des portions assez considérables ont échappé à l'action métamorphosante et sont restées dans leur état primitif.

C'est une de ces fausses alternances qui, dans le gisement de la mine du Fondement, a fait croire à la superposition du lias sur le gypse.

Si maintenant nous portons notre examen sur la nature des couches qui, par leur transformation, ont donné lieu à la production du gypse, nous serons frappés de leur diversité et irrévocablement convaincus que le gypse ne saurait absolument pas se classer dans les terrains triasiques.

Parfois nous trouvons intercalés dans le gypse des schistes noirs et des calcaires caractérisés par des fossiles liasiques (par exemple vers l'entrée de la mine du Fondement, près de Bex).

Parfois ce sont d'autres variétés de calcaires noirs ou gris, sans fossiles, mais paraissant par leurs caractères pétrographiques appartenir à l'un des étages de la grande série jurassique (Villeneuve, environs de Bex).

D'autres fois nous avons affaire avec des calcaires blanchâtres identiques à ceux des couches urgoniennes avoisinantes (Col de Pillon, etc.).

D'autres fois encore nous observons des veines argileuses et des restes d'un grès verdâtre identiques à certaines couches de notre Macigno alpin, ou grès de Taveyan-

naz (au Montet près de Bex et dans plusieurs carrières des environs d'Ollon).

Ailleurs enfin on n'est pas peu surpris de trouver dans le gypse des traces de schistes argilo-calcaires du Flysch (Col de la Croix; les Charbonnières, derrière la Pierre du Mouëllé), lequel Flysch est caractérisé ailleurs par des nummulites comme appartenant à l'éocène.

De tout cela il résulte donc avec la plus grande évidence que la formation du gypse est postérieure au lyas et qu'ainsi on doit le rayer définitivement du trias.

Il en résulte aussi que des roches appartenant à divers étages des terrains jurassiques, crétacés et tertiaires ont été soumises à l'action métamorphosante qui a transformé le calcaire en gypse, et ont ainsi concouru à former ce dernier.

De ce fait capital, d'un rapport d'origine du gypse avec des roches de formations si diverses, nous devons rapprocher celui de sa *position sur les lignes de faille et de dislocation*.

Son gisement principal dans nos Alpes forme une bande presque continue qui, des environs de Bex et d'Ollon, s'élève par le Col de la Croix d'Arpille, passe par celui du Pillon et se prolonge jusque dans l'Oberland bernois, en suivant, au travers des chaînes latérales, le pied de la grande chaîne calcaire principale. Cette ligne marque assez approchamment la limite entre les formations tertiaires les plus récentes de nos Alpes (Flysch) et la portion des terrains jurassiques et crétacés, y compris le tertiaire inférieur, qui ont subi le plus fort soulèvement et formé la chaîne principale.

Cette dernière présente les traces d'immenses bouleversements et parfois de profonde altération minéralogique des couches, phénomènes qu'ont pu seules produire des alternances réitérées de soulèvement et d'affaissement. Les chaînes secondaires, par contre, et surtout celle du Flysch, n'ont eu que des soulèvements beaucoup plus simples.

Entre ces deux types de soulèvements la limite est bien tranchée. Il a dû y avoir là une ligne de faille sans cesse rouverte et pouvant ainsi livrer facilement passage à divers agents chimiques, dont le plus important par ses effets a dû être l'acide sulfureux. Ce dernier, transformé en acide sulfurique, dissous et entraîné par les eaux, pouvait aisément agir sur les parois de la faille, sans doute profondément fissurées, et y opérer, souvent à de grandes distances, la substitution chimique à laquelle nous devons le gypse.

Le même fait, reproduit dans de moindres proportions sur les lignes secondaires de soulèvement, a pu donner lieu à la formation d'un grand nombre de petits gisements de gypse qui se trouvent en dehors de la ligne principale.

Tout nous porte à croire que ce phénomène s'est reproduit sur une très grande échelle et au travers de plusieurs périodes géologiques.

Il se pourrait que les petits gisements, aux extrémités des chaînes latérales, fussent la conséquence d'un seul soulèvement; mais pour la bande principale, et pour quelques autres, nous devons admettre qu'elles ont été en voie de formation pendant un temps plus long.

Cette formation, pour la portion des Alpes qui nous

occupe, n'a pu en tout cas commencer qu'après l'époque du lyas, puisque des roches lyasiques sont intercalées comme arrêt de transformation.

Elle a dû forcément se continuer jusqu'après le soulèvement des roches tertiaires les plus récentes des Alpes, puisque ces roches sont aussi affectées par la transformation.

Des profondeurs de l'époque triasique voilà donc notre gypse ramené à des temps beaucoup plus récents et c'est l'époque tertiaire inférieure (éocène) que nous devons lui assigner pour le moment, sinon de son commencement, du moins de la plus grande extension de sa formation.

Il va sans dire que le sel du gisement de Bex subit le même déclassement et qu'il ne saurait plus être question pour lui des honneurs du trias.

II. Corgneule.

On a bien souvent confondu sous l'appellation générale de corgneule (cargneule Rauchwacke) des roches qui n'ont de commun qu'une similitude plus ou moins grande de structure; mais qui diffèrent beaucoup quant à leur constitution minéralogique et quant à leur mode de formation.

Après une étude très-minutieuse nous croyons pouvoir établir *deux grands types*, dont l'un se subdivise encore. Sur certains points ils sont très-nettement déterminés, tandis qu'ailleurs ils paraissent se confondre et passer de l'un à l'autre. Nous allons chercher à les caractériser et à exposer leur mode de formation.

1^{er} Type.

C'est une brèche à fragments toujours anguleux, en général de petite dimension, reliés par un ciment calcaire. Elle constitue des couches régulières, intercalées dans une série stratifiée.

Au premier abord on a cru avoir affaire avec une formation sédimentaire normale; mais la forme des fragments et leur composition excluent la possibilité d'un dépôt sédimentaire. Le fait qu'ils sont toujours anguleux indique bien qu'ils n'ont pas été charriés. De plus ils sont constitués par une roche dolomitique très friable qui n'aurait pu supporter d'être immergée dans les eaux et transportée par elles.

Tout nous fait croire au contraire que nous avons ici le résultat d'une *transformation postérieure, intervenue dans le sein d'une couche de dolomie, provenant elle-même d'une précédente transformation métamorphique du calcaire.*

En effet, dans le voisinage de cette corgneule du 1^{er} type nous retrouvons presque toujours de la dolomie, tantôt en couches, tantôt en simples filons. Parfois cette dolomie est très homogène, d'autres fois elle est fendillée et sillonnée de nombreux filons spathiques. A supposer que le fendillement s'étende et se ramifie beaucoup, et qu'ensuite intervienne une infiltration d'eau chargée de matières calcaires, n'avons-nous pas là tous les éléments nécessaires pour former notre corgneule, ou plutôt notre *brèche dolomitique*, comme il vaudrait mieux l'appeler?

Dans certaines localités nous avons côte-à-côte la dolomie et la brèche dolomitique, et dans le voisinage immédiat des calcaires présentant un commencement de transforma-

tion dolomitique. Ailleurs nous ne trouvons qu'une bande de dolomie ou bien qu'une couche de brèche dolomitique, chacune isolée au milieu des couches calcaires. Ailleurs enfin, dans les gisements les plus étendus, nous trouvons le gypse en rapport intime avec le calcaire dolomitique et sa dérivée la corgneule. Le gisement de Villeneuve nous en présente le plus bel exemple. Là la bande de gypse est bordée sur ses deux flancs, dans le ravin du Pissot et dans celui de la Tinière, par la dolomie et la corgneule.

N'y a-t-il pas là l'indice évident d'un *phénomène général et complexe de transformation* qui, lorsque son action a été la plus complète, a pu produire sur un même point le gypse et la dolomie, tandis que dans des conditions d'action plus restreintes il n'a produit que l'un ou l'autre isolément. Plus tard se sont opérés dans certaines couches de dolomie les fendillements et l'incrustation qui les ont transformées en brèche. Ainsi donc, pour grouper et pour préciser les conclusions auxquelles nous croyons pouvoir nous arrêter nous établirons :

1^o La *dolomie et le gypse* sont de formation parallèle, produits ensemble ou séparément sur les lignes de dislocation et représentant deux phases simultanées ou successives de ces grands phénomènes de transformations chimico-physiques qui ont si fréquemment et parfois si profondément modifié l'état primitif des couches sédimentaires.

2^o La *brèche dolomitique* (corgneule 1^{er} type) est le résultat d'une modification postérieure survenue à l'intérieur des couches déjà transformées en dolomie.

Pour nous rendre compte de ces phénomènes, nous pouvons facilement admettre, d'abord pour ce qui con-

cerne le *gypse* et la *domolie*, que les grandes ruptures produites par les soulèvements ont pu livrer passage, sur plusieurs points, d'une part à l'acide sulfureux gazeux qui ne tarde pas à passer à l'état d'acide sulfurique, d'autre part à des sources thermales contenant en dissolution les matières nécessaires à la transformation du calcaire en dolomie. De sorte que nous aurions dans le gypse et la dolomie deux résidus solides d'un ensemble d'actions métamorphiques qui ont dû être très complexes et dont nous ne pouvons guère saisir que ces deux effets ; tandis que d'autres nous échappent, s'étant produits sous forme soluble, dont la connaissance nous serait cependant bien nécessaire pour juger le phénomène au complet.

Il faudra, pour arriver à des conclusions plus détaillées, procéder par voie de comparaison et observer soigneusement ce qui se passe dans des contrées encore soumises à des actions volcaniques. Il faudra aussi dans nos gisements recueillir les moindres faits qui pourraient jeter quelque jour sur les côtés du phénomène qui nous échappent encore, en recourant surtout à l'analyse chimique et à l'étude microscopique des roches.

Un premier indice à signaler à cet égard c'est la présence du *salpêtre* dans certains schistes noirs des terrains salifères de Bex.

Un second fait c'est qu'il paraîtrait que lors de la transformation du calcaire en gypse il y a eu, à côté de la substitution des acides, un *départ plus ou moins considérable de matière*. Sur des coupes fraîches de gypse on observe parfois des lentilles composées de fragments de calcaire fendillé, à l'état de ce que nous avons appelé ailleurs un arrêt de transformation. Généralement elles sont entourées d'une série de bandes qui se renflent autour de la lentille

et poursuivent de part et d'autre leur direction. Ces bandes sont l'indice, parfois très nettement accusé, d'anciennes lignes de stratification. Elles consistent à l'ordinaire dans une trainée de matière argileuse, comme celle des salbandes qui séparent souvent les couches calcaires; et qui par sa nature chimique aura pu résister à l'action de l'acide sulfurique. Au premier abord il semble qu'on ait devant soi une boursofflure; mais c'est bien plutôt le contraire: la lentille de calcaire fendillé indique l'ancien état de la roche et l'épaisseur primitive de la couche; les traces de stratification qui vont se resserrant de part et d'autre font voir de combien l'épaisseur de la couche a diminué.

Signalons encore comme un fait accessoire qui peut avoir quelque importance le singulier état que présentent certaines couches de calcaire fendillé et en partie transformé en gypse, tel qu'on l'observe dans les carrières de Villy et dans les rochers de Sublin. Ce calcaire est entièrement perforé de petits trous qui lui donnent au premier coup d'œil l'air d'un tuf basaltique. Cet état poreux est-il dû à l'action d'un acide qui en aurait rongé les parties les plus tendres et emporté le déficit sous forme soluble; ou bien la masse a-t-elle été assez ramollie pour que ces pores eussent été produits par le dégagement de bulles d'acide carbonique, déplacé par la substitution de l'acide sulfurique?

Pour en revenir maintenant à la *brèche dolomitique* (corgneule 1^{er} type), nous pouvons très bien comprendre comment certaines couches de dolomie, dans les phases si répétées et si variées des soulèvements et des affaisse-

ments ont pu à diverses reprises tantôt être imprégnées d'eau et tantôt desséchées, offrant ainsi toutes les conditions qui peuvent rendre raison du fendillement de la masse et de l'incrustation postérieure des fissures.

La position stratigraphique de la brèche dolomitique nous montre que le gros de la transformation a dû s'opérer dans des conditions de gisement différentes des conditions présentes.

Certains détails constitutifs de la roche nous forcent à admettre que dans quelques-unes de ses parties elle a subi des modifications plus ou moins considérables depuis le dernier soulèvement auquel elle doit sa position actuelle. C'est ainsi que sur plusieurs points on remarque un curieux mélange de matières étrangères. A côté d'une couche typique qui ne renfermera que des fragments de dolomie reliés par le ciment ordinaire, on en trouvera une autre où, en outre de ces premiers éléments, on verra des veines d'argile et de sable ainsi que des fragments de roches diverses, étrangères à la masse. Ce fait s'observe de la manière la plus claire dans la carrière du Crest, sur Villeneuve, où les travaux d'exploitation ont mis à nu des affleurements parfaitement nets. Les couches sont verticales et leur affleurement est recouvert par un lambeau de terrasse diluvienne. L'une d'elle, lorsque nous l'avons observée, offrait près de sa surface le curieux mélange que nous venons de signaler. Il y avait des fragments de calcaire gris, dont plusieurs étaient arrondis, et des fragments d'une roche argileuse verte identique à celle qui forme à quelques pieds de là une couche particulière, enclavée dans la corgneule et les calcaires magnésiens. Il y avait aussi en grande abondance un sable assez fin, d'aspect dolomitique, qui, sur une certaine étendue, formait au

travers de la couche verticale une veine horizontale de plusieurs pouces d'épaisseur et remplissait plusieurs fissures. Evidemment nous avons là les traces d'un remaniement et d'un remplissage qui n'ont pu se produire que depuis le moment où la couche en question a eu pris sa position verticale.

Nous avons eu la bonne chance d'observer un fait tout analogue, produit dans des circonstances à bien des égards différentes, et qui jette un grand jour sur les transformations mécaniques postérieures de la brèche dolomitique. Dans une des carrières de Villy on voyait entre deux couches d'un gypse très compacte une bande de ce calcaire poreux et fendillé, décrit plus haut. A la partie supérieure les alluvions glaciaires qui recouvrent tout l'affleurement du gypse, avaient pénétré dans les interstices du calcaire fendillé et les avaient remplis de limon, de sable et de cailloux. Cela reproduisait identiquement, sauf une dureté moindre et sauf la différence minéralogique des matériaux, l'état d'aggrégation de la corgneule remaniée du Crest. On voyait en action dans les deux cas le même procédé de remaniement et de remplissage ; seulement à Villy on avait l'avantage d'avoir sous les yeux l'agent même de cette transformation. Ce dernier fait, plus récent et plus complet, achève d'expliquer pleinement le premier.

Nous ne quitterons pas cette corgneule du 1^{er} type (brèche dolomitique) sans faire remarquer, ce qui ressort du reste de son mode de formation, *qu'elle n'a à proprement parler aucun âge géologique* et qu'elle ne peut pas servir de base à l'établissement des coupes et des profils. Il est vrai qu'elle se présente sous la forme de conches régulièrement

intercalées dans une série stratifiée, mais elle ne représente pas un horizon géologique. Si seulement c'étaient toujours les mêmes couches d'un même étage qui étaient affectées de la transformation dolomitique et bréchiforme, on pourrait à la rigueur en conclure quelque chose sur la simultanéité du phénomène. Mais, bien loin de là, nous voyons que ces transformations affectent des couches d'époques très diverses, de sorte qu'il est impossible de leur attribuer un âge certain et unique. On ne doit les considérer que comme des accidents d'un caractère local, n'ayant de rapport direct qu'avec les soulèvements et les phénomènes subséquents, et surtout n'ayant en rien affaire avec la série géologique proprement dite.

Ajoutons, comme dernier trait, que dans le Jura on retrouve des couches toutes pareilles de dolomie et de brèche dolomitique, à divers degrés de la série des terrains jurassiques. Nous en connaissons plusieurs gisements qui tous sont sur les parois de grandes cluses.

2° Type.

Ici la corgneule ne consiste plus en couches régulièrement intercalées dans un ensemble stratigraphique. Ce n'est qu'une masse bréchiforme constituant des amas irréguliers, soit le long des gisements de gypse, soit dans le fond ou sur le flanc des ravins.

Pour plus de clarté nous pouvons la diviser en *deux sous-types* suivant qu'elle accompagne directement le gypse ou qu'elle en est éloignée, son faciès variant assez dans les deux cas pour autoriser cette subdivision.

Dans le premier cas elle forme des bandes plus ou moins larges, plus ou moins puissantes, parfois continues et parfois rompues, qui bordent, tantôt des deux côtés, tantôt d'un seul, les grands gisements du gypse. Elle occupe essentiellement les cols de montagnes et la partie supérieure des ravins.

C'est toujours une brèche qu'un œil inexercé pourrait dans certains cas confondre avec la dolomie bréchiforme du 1^{er} type, surtout si l'on n'a pas soin d'observer des cassures fraîches. Après un examen attentif on ne tarde pas à remarquer des différences considérables.

Comme élément constitutif la dolomie devient rare et souvent manque entièrement. Elle est remplacée par des éléments nouveaux, dont quelques-uns présentent un grand intérêt.

Indiquons en premier lieu une quantité souvent considérable de fragments anguleux de calcaire ; identiques à ceux que nous avons vus former, dans la masse du gypse, ces bandes caractérisées comme arrêts de transformation. Tout nous prouve qu'ils proviennent de la désaggrégation du gypse par les agents atmosphériques. D'abord l'identité que nous venons de signaler et qui est très frappante si l'on compare attentivement, sur des points très rapprochés, les fragments inclus dans la corgneule et ceux qui sont encore empâtés dans le gypse. Et puis, ce fait capital que l'on voit se former actuellement au pied des grandes parois de gypse des talus composés de fragments calcaires tout semblables et provenant de la désaggrégation récente de la roche, si friable de sa nature.

En second lieu nous mentionnerons comme un nouveau genre d'éléments constitutifs des fragments de nature minérale très diverses, identiques aux roches qui constituent

les flancs des montagnes voisines. Ainsi sur le Pillon, à côté du Flysch, nous trouvons dans la corgneule des fragments des schistes et des conglomérats du Flysch. Sur la Croix d'Arpille, dans le voisinage du Grès de Taveyannaz nous avons dans la corgneule des fragments inclus de cette roche si caractéristique. Au Sépey, non loin du calcaire noir alpin nous en retrouvons de nombreux fragments dans notre corgneule.

Si de l'examen de sa constitution minéralogique nous passons à celui de son gisement, nous verrons des différences plus grandes encore. Tandis que la brèche dolomitique (corgneule 1^{er} type) se présente en couches intercalées dans une série stratifiée, la corgneule 2^d type n'offre plus de stratification ni de superposition réelles. Comme nous l'avons déjà dit, les bandes qu'elle forme sont de dimensions très variables et suivent les gisements de gypse d'une manière très irrégulière.

C'est tout à fait à tort que l'on avait conclu du fait qu'elle accompagne le gypse à celui de sa superposition stratigraphique à ce dernier. C'était une déduction basée sur une analogie trompeuse.

En tenant un juste compte des éléments d'appréciation donnés soit par la constitution minéralogique, soit par le gisement de la roche, et en utilisant les rapprochements que fournissent des phénomènes tout récents, nous pouvons hardiment conclure que toutes les bandes de corgneule qui accompagnent le gypse sont une formation superficielle constituée par des fragments de roches anguleux, fournis par la désaggrégation du gypse et de la dolomie ainsi que par celle des parois de montagnes voisines, puis consolidés par un ciment argilo-calcaire.

Cette formation aura pu commencer tôt après les der-

niers soulèvements qui ont donné à nos Alpes leur relief actuel, et c'est même alors qu'elle aura probablement eu son maximum d'intensité. Elle aura pu se continuer très longtemps, diminuant vraisemblablement d'importance à mesure que le sol se formait et se couvrait de végétation, mettant ainsi des surfaces toujours plus grandes à l'abri des agents atmosphériques. Les phénomènes glaciaires auront peut-être contribué beaucoup à l'arrêter soit en diminuant par l'usure et par le rongement la masse du gypse, si tendre et si facilement attaquable par l'eau; soit en recouvrant d'alluvions glaciaires des surfaces considérables de gypse; préservées ainsi d'une destruction ultérieure. C'est probablement à cette action des phénomènes glaciaires que nous devons la production de ces curieuses dépressions qui forment parfois entre la corgneule et le gypse comme un fossé de forteresse.

N'oublions pas d'ajouter, pour confirmer notre exposition que l'on peut voir la formation de la corgneule se reproduire actuellement en petit. Nous avons eu la bonne chance de surprendre la chose sur le fait de la manière la plus claire et la plus frappante. Près du col du Pillon, dans un petit ravin tributaire de la Grande-eau, on pouvait voir, au pied d'une grande pyramide de gypse, un talus formé presque exclusivement de ces fragments calcaires anguleux que la délitation du gypse met à nu. Les interstices étaient remplis en majeure partie par de l'argile et du sable, qui comblaient aussi quelques-uns des plus grands vides. L'argile et le sable provenaient selon toute apparence d'un dépôt d'alluvions glaciaires qui couronnait la pyramide de gypse, et d'où venaient aussi quelques petits cailloux de roches erratiques mélangés à l'éboulis. Le tout, à part de la dureté, reproduisait parfaitement la corgneule.

La nature minéralogique des fragments était pour ainsi dire identique. Leur forme et leur arrangement étaient exactement les mêmes. La manière dont l'argile et le sable avaient pénétré les interstices et comblé les vides était en tout point semblable.

Il ne manquait que l'œuvre du temps pour solidifier la masse et reproduire identiquement la corgneule plus ancienne, telle qu'on la voyait à quelques pas de là. Nous étions en présence d'un de ces phénomènes récents qui sont pour le géologue la clef du passé. Ce ne serait pas ici le lieu de décrire la surprise et le ravissement que nous éprouvâmes en voyant surgir devant nous, dans un espace de quelques cents mètres carrés, tous les éléments d'une solution longtemps cherchée. Ce fut un de ces moments de joie intellectuelle complète, bien rares dans la vie de celui qui étudie et observe la nature.

Avant de quitter ce premier facies de notre corgneule du 2^d type, ajoutons encore quelques mots sur l'origine présumable du ciment qui relie les fragments. Selon toute probabilité il provient d'éléments pris sur place tels que :

1^o Les veines argileuses, si fréquentes dans les masses de gypse, et qui, par la délitation si facile de ce dernier, doivent fournir beaucoup ;

2^o Les matières calcaires que l'eau, en s'infiltrant, amenait avec elle ou dissolvait sur place ;

3^o Les résidus de la destruction des couches dolomitiques. Comme nous l'avons vu, ces dernières accompagnent ordinairement le gypse. Si on ne les observe pas partout c'est que dans bien des cas leurs affleurements auront été détruits ou recouverts ; mais leur ancienne présence est attestée par les fragments dolomitiques qui se retrouvent presque toujours inclus en plus ou moins grande

quantité dans la corgneule, ainsi que par le sable et le limon qui comblerent certains vides.

Abordons maintenant la dernière subdivision de notre corgneule ; 2^d facies du 2^d type.

Ici nous avons affaire avec ces dépôts irréguliers qui garnissent parfois les flancs ou le fond des ravins et se retrouvent aussi au débouché de quelques vallées.

Ce sont des amas assez confus, d'aspect très variable, caractérisés par un mélange beaucoup plus grand de leurs éléments et surtout par des portions très-nettement stratifiées. Tout à côté d'une masse bréchiforme, identique au type précédent, on sera surpris de trouver une couche peut-être épaisse de gros cailloux, de sable et de gravier parfaitement stratifiés. On pourra même voir des alternances de brèche et de galets.

Le ravin de Sublin et le Sex, près de Villeneuve, présentent les exemples les plus caractéristiques de ce mélange. Nous avons donc là une formation dans laquelle nous voyons des alternances de l'action lente et régulière qui a produit la corgneule du facies précédent et de l'action violente des eaux.

Cela s'explique facilement si nous nous rappelons que le 1^{er} facies s'observait sur les cols et dans la partie supérieure des ravins. Là l'action de l'eau comme élément de stratification est pour ainsi dire nulle, aussi la corgneule n'est-elle pas été remaniée et conserve-t-elle sa structure bréchiforme spécifique. Dans le fond des ravins, au contraire, l'eau peut agir avec une grande force et produire des remaniements considérables. N'oublions pas non plus que dans certains ravins où nous ne trouvons que de la

corgneule, sans gypse ni dolomie, il a dû y avoir des gisements de ces roches, qui peu à peu ont été rongés et effacés, laissant pourtant des preuves de leur ancienne présence par les éléments qu'ils ont fournis à la corgneule, dans les portions où elle présente encore le type bréchi-forme.

En considérant tous ces faits nous nous rendrons très bien compte des diverses alternances qui ont pu se produire dans la formation de la corgneule des ravins : tantôt formation bréchiforme et régulière, au pied de gisements de gypse et de dolomie existant encore alors ; tantôt remaniement violent par les eaux, avec tous les états intermédiaires possibles. Nous ne serons pas surpris de voir toutes les roches des montagnes voisines représentées pêle-mêle dans les portions stratifiées, en fragments de dimensions très diverses, tantôt anguleux, tantôt arrondis. Nous ne nous étonnerons pas même de voir empâtés dans la corgneule des roches d'origine erratique, dont la présence nous indiquera clairement que la formation de ce dernier type de corgneule s'est continuée jusqu'à notre époque. Un magnifique exemple de ce fait peut s'observer près de Fontana-seule.

Nous voilà donc bien loin du trias et des idées traditionnelles sur l'âge de la corgneule et du gypse. Il faudra changer bien des délimitations sur nos cartes géologiques et corriger dans bien des profils les courbes hypothétiques que l'on était obligé de faire subir aux couches pour établir un accord forcé entre la nature et une donnée scientifique erronnée.

S'il est parfois désagréable de devoir abandonner une

opinion et transformer un travail, on a une ample compensation dans la satisfaction de sentir que l'on a fait un pas sérieux dans la connaissance de la nature.

Dans nos modestes recherches nous étions nous-mêmes parti de l'opinion traditionnelle de l'origine triasique; mais les faits n'ayant pas tardé à s'inscrire en faux il a bien fallu chercher dans la nature elle-même une solution plus conforme à la réalité. Après une première série d'observations qui semblaient n'aboutir qu'à une confusion toujours plus grande, nous eûmes le bonheur de saisir certains faits qui nous donnèrent la clef d'une explication toute naturelle. Dès lors toutes les observations ultérieures, dans leurs moindres détails, n'ont fait que confirmer les déterminations et la classification que nous venons d'exposer succinctement. Il reste sans doute bien des détails à étudier pour arriver à une connaissance complète de ces formations métamorphiques si intéressantes et si importantes à tous égards. Il faudra en particulier, ce que nous n'avons pas pu faire encore, étudier les gypses et les corgneules des terrains anciens en Valais et dans le massif du Mont-Blanc. Peut-être devra-t-on leur assigner un âge plus ancien et aura-t-on en eux les effets analogues d'une même cause ayant agi d'une manière semblable à des temps différents et affecté des formations géologiques différentes. Peut-être aussi ne trouvera-t-on en eux que des différences secondaires, provenant uniquement de la différence minéralogique des roches affectées de transformation, et pourra-t-on, pour ce qui concerne l'âge, leur assigner les limites déjà posées. A vue de pays la première alternative nous paraît la plus plausible; mais il faut attendre que la question soit résolue par l'observation.

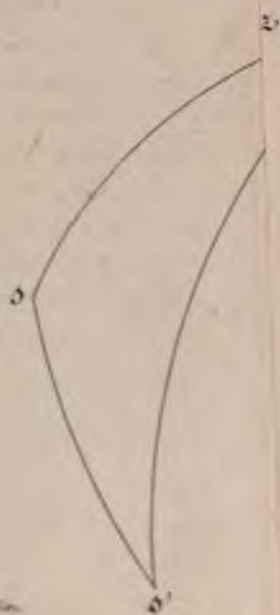
Ce n'est pas sans une certaine appréhension que nous livrons au public le résultat de nos recherches, sachant bien que nos conclusions sont en contradiction avec l'opinion professée par des naturalistes distingués et dont quelques-uns sont pour nous comme des pères dans la science.

Mais nous avons pour nous le sentiment intime d'être dans le vrai; d'avoir observé la nature consciencieusement et avec toute l'exactitude possible, sans parti pris d'école, ne cherchant pas la confirmation d'une idée préconçue; mais nous laissant imposer les solutions par l'évidence des faits et par la correspondance frappante des phénomènes récents et des phénomènes anciens.

Nous serions heureux si cette petite étude pouvait offrir quelque utilité à ceux de nos confrères en géologie qui travaillent à la grande carte géologique de la Suisse et qui courent le risque d'établir à faux une partie de leur travail en prenant pour du trias et en mettant à la base de leur série des roches en tout cas beaucoup plus récentes et sans âge géologique proprement dit.







Ebauche d'une méthode pour calculer la vitesse des étoiles filantes périodiques au moyen de l'arc dont le lieu de leur point radiant varie lorsqu'il est observé de deux stations terrestres suffisamment distantes.

PAR

M. H. KAMM.

Lors d'une chute de météores sur la terre, quand ces météores font partie d'un même groupe, ont une même vitesse et suivent des directions parallèles entr'elles : les traînées lumineuses produites par leur incandescence lors de leur arrivée dans notre atmosphère seront aussi en général parallèles entr'elles ; or, suivant un principe de perspective, on sait que les droites parallèles vues d'un même point, vont toutes concourir en un seul et même point appelé point de fuite ; donc, les traînées lumineuses parallèles vues d'un lieu quelconque de la terre, auront aussi un point de fuite que dans ce cas on appelle centre de radiation ou point radiant. Le point radiant n'est donc pas autre chose qu'un effet de perspective, et sa position dans le ciel sera déterminée par la direction de la droite menée de l'œil de l'observateur parallèlement aux traînées lumineuses.

Il est actuellement admis par la plupart des astronomes, que les comètes font partie de courants météoriques ; ensorte que chaque orbite de comète serait la voie d'un courant de météores, ou, plus correctement, de fragments

de matière cosmique. Lorsque la terre dans son mouvement annuel passera près d'un de ces courants, elle sera atteinte par une quantité plus ou moins considérable de fragments qui étant tous animés d'une même vitesse, suivant des directions parallèles, produiront des étoiles filantes ayant un point radiant. Or comme les orbites persistent en général très longtemps dans les mêmes positions, lorsque la terre aura rencontré un courant dans un certain point de son orbite, elle le rencontrera encore quand un an plus tard elle se retrouvera dans ce même point ; il en résultera des étoiles filantes à périodes fixes ; de là le nom de périodiques qui leur a été donné par opposition au nom de sporadiques qui désigne celles qui n'ont pas de radiant.

Le point radiant caractérise donc les étoiles filantes périodiques, il donne la direction du mouvement relatif par rapport à la terre, et, comme je vais le montrer, il donne aussi la vitesse relative, ce qui permet en composant ce mouvement avec celui de la terre dans son orbite, connu pour chaque époque, de déterminer le mouvement absolu des météores, en vitesse et en direction. A ces données ajoutons le rayon vecteur, c'est-à-dire la distance de la terre au soleil pour la même époque, et nous aurons toutes les données nécessaires pour calculer les éléments de l'orbite des météores.

Considérons l'ensemble des trajectoires de tous les météores qui dans un même instant seront tombés sur la terre. Si l'on supposait celle-ci sans mouvement dans l'espace et sans puissance attractive, on verrait de tous les lieux terrestres d'où le phénomène pourrait être observé, les trainées des étoiles filantes dirigées suivant les tangentes aux orbites météoriques, et notre globe étant

petit par rapport aux dimensions d'une orbite cométaire, toutes ces tangentes seraient sensiblement parallèles. On verrait donc de partout le point radiant correspondre au même point du ciel et il indiquerait la direction de la tangente aux orbites.

La terre n'étant pas immobile, si on lui supposait uniquement son mouvement annuel, le mouvement des météores observé de la terre serait leur mouvement relatif dans leurs orbites relatives, et l'on verrait les étoiles filantes suivant les tangentes à ces orbites relatives. Les tangentes seraient toujours parallèles entr'elles, par conséquent le point radiant serait vu de partout au même lieu du ciel; mais ce lieu ne serait plus le même que dans le cas précédent et il indiquerait la direction du mouvement relatif.

Si maintenant nous faisons intervenir l'attraction terrestre, le centre d'attraction étant le centre de la terre, toutes les trajectoires seront changées; elles s'écarteront des orbites relatives en s'infléchissant toutes du côté de ce centre à l'exception d'une seule: celle qui y passait. Toutes les directions des traînées qui sont tangentes à ces trajectoires n'étant plus parallèles entr'elles, leur point radiant ne sera plus le même pour tous les lieux d'observation, et il n'indiquera plus exactement la direction du mouvement relatif à l'exception d'un seul: celui qui est au zénith de son lieu d'observation, parce que pour ce lieu la direction sera verticale et passera par le centre de la terre. Cette direction restera invariable quelle que soit la vitesse des météores et indiquera toujours celle du mouvement relatif, tandis que toutes les autres directions varieront avec cette vitesse; par exemple, si on supposait la vitesse relative infinie, l'effet de l'attraction terrestre serait nul, les di-

rections seraient parallèles et le lieu du point radiant unique ; si l'on fait diminuer cette vitesse de plus en plus, les lieux des points radiants successifs s'écarteront de plus en plus du premier ; donc l'arc de cette variation est une fonction de la vitesse relative et c'est cette fonction qu'il s'agit de déterminer.

Supposons connue la hauteur où les météores arrivant dans notre atmosphère commencent à s'enflammer, en sorte que le lieu géométrique de tous ces points d'incandescence soit une sphère concentrique à la surface de la terre. Soient fig. 1, O le centre de la terre, OZ le rayon terrestre, OB le rayon de la sphère d'incandescence, AB , $A'B'$, $A''B''$, etc., les tangentes aux orbites relatives de divers météores, menées par les points d'incandescence B , B' , B'' , etc. ; d'après ce qui précède, ces tangentes toutes parallèles entr'elles seront les directions des traînées lorsqu'on ne tient pas compte de l'attraction terrestre. Soit AB celle qui passe par le centre O et qui perce la surface terrestre en Z : le lieu du point radiant sera le même pour toute la terre, et il sera au zénith de Z . Soient CT , $C''T''$, etc., les trajectoires modifiées par l'attraction terrestre et TU , $T''U''$, etc., les tangentes à ces trajectoires menées par T , T'' , etc. ; ces tangentes ne seront plus parallèles entr'elles et feront un certain angle avec la direction AB qui seule aura conservé sa position ; si donc nous menons par T la droite TQ parallèle à AB , l'angle PTQ sera l'angle dont le point radiant aura varié pour le point T ou pour S , où la tangente TUP vient percer la terre. Cet angle PTQ , que je nommerai δ , sera la fonction de la vitesse que nous avons à déterminer. Soit v la vitesse relative que je supposerai constante dans le voisinage de la terre, telle qu'elle serait sans l'influence de l'attraction

terrestre, et v_0 la vitesse augmentée par l'attraction, telle qu'elle est au moment où le météore arrive en T.

Si pour obtenir δ il fallait déterminer l'orbite relative modifiée par l'attraction pour pouvoir lui mener la tangente TU, on s'embarrasserait dans des calculs très laborieux ; mais on peut simplifier les conditions du problème sans nuire à l'exactitude du résultat en considérant que la perturbation de l'orbite s'opère presque toute entière dans le voisinage de la terre, et que là, la courbure de l'orbite cométaire sera toujours moindre que celle de l'orbite terrestre ; il en résulte que l'orbite cométaire se confond presque avec sa tangente sur un très grand arc, par exemple : il faudrait prendre sur cette orbite une longueur égale à 1000 rayons terrestres pour qu'elle eût avec sa tangente un écartement d'un degré ; d'ailleurs à cette distance l'attraction n'est plus que 0,000001 de ce qu'elle est à la surface de la terre. On pourra dès lors calculer δ à une erreur près tout à fait négligeable, et qu'on peut prouver être moindre que 1'', en remplaçant l'orbite relative par sa tangente. La trajectoire CT devient alors très facile à calculer, et d'après un théorème connu, elle sera une section conique comprise dans le plan AOT, dont la nature sera déterminée par la vitesse v_0 .

La vitesse nécessaire à un corps, sous l'influence de l'attraction du soleil et à une distance de cet astre égale à celle de la terre, pour décrire une parabole, serait la vitesse de la terre multipliée par $\sqrt{2}$, soit environ 42000 mètres par seconde ; mais pour la vitesse parabolique par rapport à la terre et à son attraction, à l'instant où le corps tombe sur la terre, il suffit de : $v_0 = 11175$ mètres.

Si on avait pour v_0 une vitesse moindre, les trajectoires

seraient des ellipses; ce serait le cas de météores satellites de la terre. Mais pour les courants cométaires on aura toujours pour v_0 une vitesse supérieure, et les trajectoires seront des branches d'hyperboles dont les droites parallèles à A B, suivant lesquelles les météores se dirigeraient en supposant nulle l'attraction terrestre, seront les asymptotes.

Il est évident que ces trajectoires hyperboliques seront égales pour tous les lieux S situés à une égale distance S Z de Z; ainsi la droite A B O K sera un axe de symétrie par rapport à ces courbes.

Prenons cette droite A B O K pour axe polaire, O, le centre de la terre pour pôle, et comptons l'angle θ que fait le rayon vecteur ρ avec l'axe polaire, à partir de O K, cet angle θ étant pris pour variable indépendante, et ρ désignant la longueur du rayon vecteur correspondant à l'angle θ .

Convenons que toutes les données initiales se rapporteront au point T.

Je m'appuierai sur les formules connues suivantes :

$$1) \text{ équation de l'hyperbole } \rho = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos(\theta-\alpha)};$$

α , est l'angle que fait l'axe transverse de l'hyperbole avec l'axe polaire,

a , est la longueur du demi-axe transverse,

e , est l'excentricité.

$$2) \quad \alpha = \theta - \arccos \frac{1}{e} \left(\frac{a(1-e^2)}{\rho} - 1 \right).$$

$$3) \quad a = -\frac{l^2}{h}.$$

7 SÉP. VITESSE DES ÉTOILES FILANTES. BULL. 137

$$4) \quad e = \sqrt{1 + \frac{C^2 h}{\mu^2}}.$$

$$5) \quad h = v_0^2 - \frac{2 \mu}{\rho_0}.$$

$$6) \quad v^2 = v_0^2 - \frac{2 \mu}{\rho_0} + \frac{2 \mu}{\rho}.$$

$$7) \quad \rho^2 d\theta = C dt.$$

$$8) \quad F = \frac{m \mu}{\rho^2}.$$

μ est une constante qui dépend de l'intensité de la force attractive F , laquelle varie en raison inverse du carré de la distance ρ .

Soit r le rayon terrestre.

La valeur de F à la surface de la terre sera :

$$F = \frac{m \mu}{r^2},$$

et l'accélération :

$$g = \frac{\mu}{r^2};$$

d'où :

$$9) \quad \mu = g r^2.$$

h et C sont des constantes introduites par l'intégration. Nous allons en chercher les valeurs. En substituant à la place de μ sa valeur dans la relation (5), on trouve :

$$10) \quad h = v_0^2 - 2 g \frac{r^2}{\rho_0};$$

substituant cette valeur dans (3), il vient :

$$11) \quad a = - \frac{gr^2}{v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0}}.$$

La relation (7) exprime la loi des aires, savoir : que $\rho^2 d\theta$ ou le double de l'aire décrite par le rayon vecteur ρ pendant le temps dt est proportionnel à ce temps. On peut exprimer cette aire en observant que $v_0 dt$ est égal à l'arc décrit pendant dt , et en désignant par β l'angle OTP , de la tangente à la trajectoire menée de l'extrémité T de ρ_0 , avec ce rayon vecteur, on aura pour la hauteur du petit triangle décrit : $v_0 dt \sin \beta$ d'où, en multipliant par la base ρ_0 on aura le double de l'aire :

$$\rho_0^2 d\theta = \rho_0 v_0 \sin \beta dt = C dt,$$

d'où divisant par dt :

$$12) \quad C = \rho_0 v_0 \sin \beta,$$

en substituant dans (4) h , C , et μ par leur valeur, il vient

$$13) \quad e = \sqrt{1 + \frac{\rho_0^2 v_0^2 \sin^2 \beta \left(v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0} \right)}{g^2 r^4}}$$

Soit γ l'angle que fait l'asymptote de la branche d'hyperbole que nous considérons avec l'axe transverse de l'hyperbole, on sait que

$$\cos \gamma = \frac{a}{c} = \frac{1}{e},$$

c étant la demi distance des foyers, d'où $e = \frac{c}{a}$.

Or comme d'après ce que nous avons dit, cette asymptote doit être parallèle à l'axe polaire, ces deux droites feront le même angle avec l'axe transverse, d'où

$$\gamma = \alpha,$$

$$\cos \gamma = \cos \alpha = \frac{1}{e},$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{e^2}}.$$

Faisons dans la relation (2) :

$$\arccos \frac{1}{e} \left(\frac{a(1-e^2)}{\rho} - 1 \right) = \varepsilon,$$

$$\text{d'où : } \cos \varepsilon = \frac{1}{e} \left(\frac{a(1-e^2)}{\rho} - 1 \right),$$

la relation (2) deviendra :

$$\alpha = \theta - \varepsilon,$$

$$\text{d'où : } \varepsilon = \theta - \alpha,$$

et : $\cos \varepsilon = \cos (\theta - \alpha) = \cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha$;
substituant à $\cos \varepsilon$, $\cos \alpha$ et $\sin \alpha$ leurs valeurs :

$$\frac{1}{e} \left(\frac{a(1-e^2)}{\rho} - 1 \right) = \frac{1}{e} \cos \theta + \sin \theta \sqrt{1 - \frac{1}{e^2}};$$

multipliant par e , remplaçant a et e par leurs valeurs et observant que :

$$a(1 - e^2) = -a(e^2 - 1),$$

il vient :

$$14) \left\{ \begin{array}{l} v_0^2 \rho_0 \sin^2 \beta = (1 + \cos \theta_0) g r^2 \\ + v_0 \rho_0 \sin \theta_0 \sin \beta \sqrt{v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0}}; \end{array} \right.$$

équation qu'on résoudra par rapport à $\sin \beta$ et par rapport à v_0 . Par rapport à $\sin \beta$ elle donnera :

$$\left\{ \begin{aligned} \sin^2 \beta - \left(\frac{\sin \theta_0}{v_0} \sqrt{v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0}} \right) \sin \beta \\ = \frac{gr^2}{v_0^2 \rho_0} (1 + \cos \theta_0); \end{aligned} \right.$$

d'où :

$$15) \left\{ \begin{aligned} \sin \beta &= \frac{\sin \theta_0}{2v_0} \sqrt{v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0}} \\ \pm \sqrt{\frac{\sin^2 \theta_0}{4v_0^2} \left(v_0^2 - 2g \frac{r^2}{\rho_0} \right) + \frac{gr^2}{v_0^2 \rho_0} (1 + \cos \theta_0)} \end{aligned} \right.$$

Pour des valeurs de θ_0 comprises entre 90° et 180° , on devra prendre la valeur positive du radical.

Résolue par rapport à v_0 l'équation (14) donnera :

$$\left\{ \begin{aligned} v_0^4 + \frac{2gr^2(\sin^2 \theta_0 - (1 + \cos \theta_0))}{\rho_0(\sin^2 \beta - \sin^2 \theta_0)} v_0^2 \\ = - \frac{g^2 r^4 (1 + \cos \theta_0)^2}{\rho_0^2 \sin^2 \beta (\sin^2 \beta - \sin^2 \theta_0)} \end{aligned} \right.$$

$$16) \left\{ \begin{aligned} v_0^2 &= - \frac{gr^2 \cos \theta_0 (1 + \cos \theta_0)}{\rho_0 (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \beta)} \\ \pm \sqrt{\left(\frac{gr^2 \cos \theta_0 (1 + \cos \theta_0)}{\rho_0 (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \beta)} \right)^2 + \frac{g^2 r^4 (1 + \cos \theta_0)^2}{\rho_0^2 \sin^2 \beta (\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \beta)}}, \end{aligned} \right.$$

ou en posant :

$$\frac{gr^2 (1 + \cos \theta_0)}{\rho_0} = m,$$

$$\sin^2 \theta_0 - \sin^2 \beta = n,$$

$$17) \quad v_0^2 = -\frac{m \cos \theta_0}{n} \pm \sqrt{\left(\frac{m \cos \theta_0}{n}\right)^2 + \frac{m^2}{n \sin^2 \beta}}.$$

Comme pour la formule (15), la valeur positive du radical convient seule.

A la première inspection de la formule (15), on voit que θ augmentant de 90° à 180° , la valeur de β va décroissant, et qu'elle est nulle pour $\theta = 180^\circ$, ce qui doit arriver en effet puisque alors ρ_0 est couché sur l'axe.

Soit S un lieu quelconque d'observation, menons le rayon OS, et désignons par ζ l'angle SOZ: ζ sera la distance angulaire de S à Z. Menons par S la droite PSTU dans la direction du point radiant; il suffira pour cela de faire l'angle OST ou S égal au supplément de la distance zénithale du point radiant. Cette droite percera la sphère d'incandescence en T. En menant le rayon OT on aura formé le triangle OTS, dont on connaît les côtés OS = r , OT = ρ_0 , et dont l'angle S est donné par l'observation du point radiant; ce triangle est entièrement déterminé et l'on aura pour les autres angles :

$$18) \quad \sin \beta = \frac{r \sin S}{\rho_0}.$$

$$19) \quad O = 180^\circ - \beta - S.$$

D'après ce que nous avons déjà dit, l'angle θ sera TOK ; on aura :

$$20) \quad BOT = 180^\circ - \theta = \zeta - O,$$

$$21) \quad OTQ = 180^\circ - \theta = \beta + \delta;$$

θ et ζ seront donc déterminés dès que δ sera connu. On

se rappelle que δ est l'angle de UTP avec TQ ou avec l'axe AZO, et qu'il marque la distance angulaire entre le lieu du point radiant vu de S et celui vu de Z qui se trouve au zénith de Z; or comme il ne peut se rencontrer que par hasard que l'on ait le point radiant juste au zénith d'un observatoire, la valeur de δ ne s'obtiendra en général pas directement; mais on pourra l'obtenir au moyen d'observations faites en deux lieux quelconques, de la manière suivante :

Soient (fig. 2) s, s' et z , les zéniths de deux lieux S, S', et du lieu inconnu Z, qui aurait le point radiant au zénith: soient i et i' les lieux des points radiants observés de S et S', et désignons par ω la distance angulaire ii' de ces deux points, donnée par l'observation. Les points s, i, z , seront sur un même arc de grand cercle de la sphère comme appartenant au plan de la trajectoire passant par l'axe AO et par le point S; de même s', i', z , seront sur un même arc de grand cercle, donc z se trouvera à l'intersection des deux arcs de grand cercle menés par s, i , et par s', i' ; le quadrilatère $si s' i'$ étant entièrement connu. le triangle $z i i'$ le sera aussi, et on pourra le résoudre par rapport à δ et à δ' .

Si S' se trouvait sur l'arc de grand cercle terrestre qui passe par S et Z, le triangle céleste $i i' z$ n'existerait plus et l'on aurait $\omega = \delta' - \delta$; dans ce cas on procéderait de la manière suivante: par la formule (16). dans laquelle on remplacerait θ_0 par sa valeur en fonction de δ et de β tirée de (21) on aurait :

$$r_0 = f(\delta, \beta).$$

$$r_0 = f(\delta', \beta').$$

$$f(\delta, \beta) = f(\delta', \beta') :$$

résolvant par rapport à δ' :

$$\delta' = \varphi(\delta, \beta; \beta').$$

Retranchant de part et d'autre δ :

$$\delta' - \delta = \omega = \varphi(\delta, \beta, \beta') - \delta,$$

équation d'où on tirera la valeur de δ en fonction de ω et ensuite celle de v_0 par la formule (16).

Il y aura avantage à calculer δ par cette dernière méthode lorsque l'angle $iz i'$ ne sera pas très grand, parce qu'à une certaine erreur sur ω correspondra une erreur beaucoup plus grande sur δ et δ' , tandis que sur la différence $\delta - \delta'$ l'erreur sera en partie compensée. On ne se servira donc de δ et δ' , obtenus par le triangle $iz i'$, que pour avoir leur différence, qu'on introduira ensuite dans la dernière formule pour en tirer δ .

On pourra donc toujours obtenir la valeur de v_0 au moyen de β, β' , et ω , qui sont fournis directement par les observations.

Connaissant v_0 , qui est la vitesse augmentée par l'attraction terrestre telle qu'elle est en T, on obtiendra la vitesse v , avant cette influence, c'est-à-dire la vitesse relative, par la relation (6) :

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2\mu}{\rho_0} + \frac{2\mu}{\rho},$$

qui donne la vitesse correspondante à telle valeur de ρ qu'on voudra. Pour que l'influence de l'attraction soit nulle, il faudra supposer la distance ρ , infinie, ce qui fera disparaître le terme $\frac{2\mu}{\rho}$; remplaçant μ par sa valeur (9) égale à gr^2 : on obtient :

$$22) \quad v^2 = v_0^2 - \frac{2gr^2}{\rho_0},$$

qui n'est pas autre que h (10).

Si c'était v qui fût donné, la valeur de v_0 serait fournie par :

$$v_0^2 = v^2 + \frac{2gr^2}{\rho_0}.$$

On peut remarquer que v étant donné, la valeur de v_0 ne peut varier qu'avec celle de ρ_0 ; donc v_0 conservera la même valeur, quelle que soit la position du point T sur la sphère d'incandescence pour une valeur donnée de v .

Si l'on supposait donnés les angles δ et ζ , $\zeta = \angle OSZ$ fixant la position du lieu d'observation S par rapport à l'axe OZ, par les relations (19), (20), et (21), on trouverait :

$$23) \quad S = 180^\circ - \zeta + \delta,$$

puis on obtiendrait successivement : β par (18), θ par (21), et v_0 par (16).

Voici les résultats de quelques calculs pour lesquels je suppose donnés ζ et δ , en prenant pour valeurs de r et de ρ_0 .

$$r = 6366200 \text{ mètres.}$$

$$\rho_0 = 6466200 \quad \gg$$

Prenons d'abord :

$$\zeta = 30^\circ :$$

$$\delta = 1^\circ 57' 9'', 8, \quad v_0 = 22500 \text{ mèt.}, \quad v = 19577,8 \text{ mèt.}$$

$$\delta = 1^\circ 56' 9'', 8, \quad v_0 = 22590,2 \quad \gg \quad v = 19,681,4 \quad \gg$$

donc, à une différence de 1' sur δ , correspond une diff. de 103,6 mètres sur v .

15 SÉP. VITESSE DES ÉTOILES FILANTES. BULL. 145

$$\delta = 0^{\circ}27'52'', 7, \quad v_0 = 45000 \text{ mèt.}, \quad v = 43612, 7 \text{ mèt.},$$

$$\delta = 0^{\circ}26'52'', 7, \quad v_0 = 45817 \quad \gg \quad v = 44454, 9 \quad \gg$$

à une différ. de 1' sur δ , correspond une diff. de 842,5 mètres sur v .

Soit maintenant : $\zeta = 90^{\circ}$;

$$\delta = 6^{\circ}26'24'', 15, \quad v_0 = 22500 \text{ mèt.}, \quad v = 19577, 8 \text{ mèt.},$$

$$\delta = 6^{\circ}25'24'', 15, \quad v_0 = 22531, 5 \quad \gg \quad v = 19613, 8 \quad \gg$$

la différence d'une minute sur δ , ne produit qu'une diff. de 36 mètres sur v ;

$$\delta = 1^{\circ}30'1'', 5 \quad v_0 = 45000 \text{ mèt.}, \quad v = 43612, 4 \text{ mèt.},$$

$$\delta = 1^{\circ}29'1'', 5, \quad v_0 = 45243 \quad \gg \quad v = 43863, 1 \quad \gg$$

à une diff. de 1' sur δ , correspond une diff. de 250,7 mètres sur v .

Comme il faut toujours compter sur une certaine erreur provenant des observations, ces exemples numériques montrent, que pour une certaine vitesse, l'erreur que produit sur elle une erreur de 1' sur δ , va en diminuant à mesure que ζ augmente. Il en résulte que les lieux d'observations qui auront le point radiant à la plus grande distance zénithale, seront les mieux placés pour ce genre d'observations.

Par le fait du mouvement diurne, ζ changeant de valeurs avec l'heure de l'observation, on pourra d'un même lieu faire plusieurs observations en mettant entr'elles quelques heures d'intervalle, et calculer δ aussi bien que si les observations avaient été faites dans des lieux différents.

Jusqu'ici je n'ai pas tenu compte du mouvement de rotation de la terre sur son axe; il est cependant nécessaire de connaître l'effet qu'il peut avoir sur la position du point radiant. Cherchons cet effet maxima: La vitesse du mouvement de rotation pour un point de l'équateur est égale à $\frac{40\,000\,000}{86\,400''} = 463$ mètres par seconde.

Pour un lieu quelconque de latitude λ , cette vitesse sera égale à $463 \cos \lambda$.

On obtiendra l'influence maxima sur la position du point radiant en prenant S sur l'équateur, en supposant la vitesse v_0 aussi faible que possible: par exemple de 15000 mètres, et en supposant la direction de cette vitesse normale à la direction de la vitesse du lieu S. La résultante de ces deux mouvements fera avec la direction de v_0 un angle dont la tangente sera $\frac{463}{15000}$; ce qui donne pour valeur de cet angle: $1^{\circ}46'$.

Pour un lieu quelconque, cet angle maximum sera: $1^{\circ}46' \cos \lambda$.

On voit que l'influence de la rotation terrestre ne doit pas être négligée. On pourra la calculer en prenant pour vitesse absolue des météores la vitesse parabolique égale à 42000 mètres; en la composant avec la vitesse de translation de la terre, on obtiendra v , puis v_0 par la formule (22). On corrigera ensuite le lieu du point radiant de l'effet de la rotation.

Les corrections de la position observée du point radiant devront se faire dans l'ordre suivant:

17 SÉP. VITESSE DES ÉTOILES FILANTES. BULL. 147

1^o La correction de l'effet de la réfraction atmosphérique ;

2^o Celle de l'effet de la rotation terrestre ;

3^o La réduction au même instant des observations faites à des heures différentes.

Les observations du point radiant ainsi rectifiées seront celles que l'on fera entrer dans les calculs.

Sans entrer dans de plus amples développements, je crois pouvoir considérer la méthode annoncée comme justifiée et je clos ce mémoire.



LES TACHES D'HUILE

CONNUES SOUS LE NOM DE

FONTAINES ET CHEMINS DU LAC LÉMAN

par

F.-A. FOREL,

professeur à l'Académie de Lausanne.



Les riverains du Léman désignent sous le nom de *fontaines* des taches irrégulières qui apparaissent à la surface du lac, lorsque celui-ci est ridé par une brise légère. Ce phénomène a donné lieu à beaucoup de théories et de suppositions que je crois erronées : qu'il me soit permis d'essayer d'en donner l'interprétation.

Si l'on approche d'une fontaine l'on constate immédiatement que la différence de couleur qui a frappé l'œil à distance est due à une modification dans la forme des vagues ou rides. Partout où le lac a sa couleur normale, d'un bleu plus ou moins foncé suivant la pureté de l'eau, l'éclat du ciel, la grandeur et la direction des vagues, l'incidence du rayon visuel, etc., les vagues ou rides que soulève la brise sont *vives* et *aiguës* ; la ligne qui joint leurs deux faces, dont l'une au moins est concave, forme une *arrête*, un angle plus ou moins obtus, suivant la grandeur de

la vague et l'intensité du vent. Au contraire dans la fontaine les vagues et les rides sont *mortes*, leurs faces sont convexes, leurs sommets arrondis et elles ne présentent jamais d'arrête anguleuse à leur faite. Si les vagues ont des dimensions un peu fortes, elles ne montrent pas dans la fontaine les rides secondaires qui guillochent normalement les vagues vives. Si la brise est très faible et les vagues très peu élevées, il peut même se faire que les rides manquent absolument sur la fontaine qui est alors plate comme un miroir.

Les bords des fontaines sont bien limités; c'est suivant une ligne presque franche que la surface du lac change de caractère et que les vagues deviennent mortes ou vives.

La forme des fontaines varie et a quelque chose d'inconstant et de fort irrégulier. C'est tantôt une tache, une surface circulaire, ovalaire ou de forme quelconque; tantôt, et c'est le cas le plus fréquent, la fontaine, qui prend alors le nom de *chemin* dans la langue des riverains, a la forme d'une bande très allongée, de cinq à dix mètres de largeur, serpentant, s'infléchissant très lentement en courbes arrondies; c'est un grand chemin, une large route tracée par une main invisible sur la surface du lac. Si nous en suivons le trajet nous la verrons aboutir à un point bien défini de la côte, et ce point d'origine que nous noterons, est le plus souvent l'orifice d'un égoût ou un établissement de blanchisseuse. D'autres fois un chemin marquera, pendant des heures peut-être, le passage d'un bateau à vapeur. D'autres fois une large fontaine s'étendra le long des jardins d'une ville, et arrêtera, devant Morges par exemple, à 50 mètres du bord, les vagues joyeuses d'un rebat soufflant du large.

Vues à distance, d'un point élevé, de Lausanne par exemple, ces larges bandes, ces taches capricieuses, marquent singulièrement sur le beau moiré azuré du lac, et leur forme changeante et inconstante a souvent intrigué les observateurs.

Diverses explications ont cours dans le public sur ce phénomène naturel. Voici celles que j'ai pu recueillir.

Selon les uns, la cause en est due à des sources sous-lacustres qui viennent émerger à la surface; de là sans doute le nom de *fontaines*. L'inconstance et la mobilité de ces taches réfutent immédiatement cette opinion; il n'existe du reste, fait intéressant à noter, à la connaissance des pêcheurs, aucune source sous-lacustre un peu importante sur les deux lieues de côtes qui s'étendent de la Venoge à Saint-Prex; je n'ai pas de renseignements sur les autres parties du lac.

Selon les autres, ce sont les couches profondes, chaudes, du lac, qui viennent monter à la surface, à des places déterminées. Il est vrai qu'en automne et en hiver, alors que l'air est plus froid que l'eau, les couches superficielles du lac, refroidies par le contact de l'air, augmentent de densité et tombent dans les profondeurs pour aller chercher un niveau, dont la température et par suite la densité soient égales à la leur; il est vrai aussi qu'à ce moment les couches profondes doivent monter pour remplacer ces couches superficielles et que des courants ascendants émergent à des places déterminées. Mais le phénomène des fontaines ayant lieu dans toutes les saisons de l'année, cette explication qui ne se rapporterait qu'aux mois d'automne et d'hiver n'est pas suffisante.

Selon d'autres ce sont des courants d'air obliques ou verticaux qui tombent sur la surface du lac, suivant un

angle plus ou moins ouvert. J'avoue ne pas comprendre cette explication et je n'en entreprends pas la réfutation.

Selon d'autres la fontaine aurait lieu sur un point où le courant d'air du vent se relèverait légèrement et cesserait de venir caresser la surface du lac. C'est là l'allégation d'un fait, ce n'en est pas une explication ; car il faudrait encore donner la raison du soulèvement du vent, indiquer pourquoi, à certains points, le vent se relèverait sans cause appréciable et ne se comporterait pas sur les fontaines, comme partout ailleurs à la surface du lac. Le fait est du reste faux, c'est ce qu'il est facile de démontrer en faisant naviguer à travers une fontaine un jouet d'enfant, une petite barque en bois avec une voile aussi basse que possible, de un ou deux centimètres au plus de hauteur ; le petit navire continuera sa course au travers des fontaines, aussi facilement et aussi vite qu'il naviguait auparavant sur la surface vive du lac.

Selon d'autres enfin, et c'est l'explication dont on a nourri mon jeune âge, la fontaine se produirait au point de rencontre ou de divergence de deux courants d'air dont la direction est légèrement différente. Cette interprétation n'est pas meilleure que les autres, car si les vents convergeaient, nous aurions suivant leurs lignes de rencontre une véritable barre et les vagues des deux courants d'air quadrilleraient leurs crêtes ; d'un autre côté si les vents divergeaient ils laisseraient entre eux un espace calme de forme triangulaire, s'élargissant d'autant plus que les courants d'air seraient plus éloignés. La forme et la direction des fontaines n'a du reste aucun rapport avec la direction du vent et l'on observe souvent des chemins dont le grand axe est parallèle à la crête des vagues.

Avant de donner l'explication que je crois la véritable,

je dois décrire un phénomène tout à fait analogue qui se produit dans de tout autres circonstances. Lorsqu'il pleut et que le lac est calme et plat comme un miroir, l'on observe à sa surface des taches blanches sur un fond grisâtre, qui rappellent les fontaines décrites plus haut. Leur forme, leur irrégularité, leur variabilité, sont absolument comparables à celles des fontaines. Si l'on étudie la cause du changement de couleur du lac, l'on reconnaît bientôt qu'il est dû à la manière différente dont se comportent les gouttes de pluie dans les fontaines et en dehors d'elles. La goutte de pluie en frappant la surface du lac détermine la production des vagues circulaires, dont l'élévation dépend de la grosseur de la goutte, et qui s'étendent plus ou moins loin, en cercles concentriques de moins en moins apparents, jusqu'à ce qu'elles finissent par s'éteindre et mourir. Ces vaguelettes se croisent et s'entrecroisent dans tous les sens et donnent à la surface du lac cette teinte grise que l'on connaît. Or, dans la fontaine ce guilloché n'existe pas; la goutte en tombant dans l'eau détermine bien la formation d'une onde, mais cette onde s'étend peu et meurt très vite. Dans la fontaine, les vaguelettes circulaires s'éteignent fort rapidement, ne s'entrecroisent plus et le miroir du lac n'est pas ou n'est que très peu ondulé. Il semblerait vraiment qu'il pleut dans un lac d'huile.

C'est en effet le cas : les chemins, les fontaines, qu'elles s'observent sur le lac ridé par le vent, ou par un temps de pluie, sont des *taches d'huile* et c'est sous ce nom que nous les désignerons désormais. Une couche extrêmement mince de substance grasse se répand à la superficie de l'eau et transforme la surface aqueuse en une surface huileuse.

Sur une couche huileuse le vent ne détermine plus que des vagues mortes, la goutte d'eau ne produit plus que des ondes presque aussitôt éteintes. C'est ce que nous prouverons par les observations et les expériences suivantes :

1^o Si je suis avec attention la petite barque d'enfant que je fais naviguer à travers une fontaine, comme je l'ai dit plus haut, je constate qu'elle pousse devant elle une couche très mince, adhérente aux corps solides, qui se détache en lames ou écailles plus ou moins larges. Il y a donc sur la fontaine une couche différente de la surface naturelle de l'eau.

2^o Les poussières et petits corps flottants sont accumulés en grand nombre à la surface des fontaines. Ils semblent y être retenus par une couche visqueuse et adhérente. Si l'on m'objectait que ces poussières et corps flottants pourraient être par eux-mêmes la cause de la fontaine, je répondrais par l'expérience suivante. J'ai versé à la surface de l'eau quelques litres de poussières fines, par un jour de brise légère et j'ai constaté facilement que ces poussières s'étaient très lentement à la surface de l'eau et qu'elles ne provoquent aucunement la formation d'une fontaine.

3^o Dans certains cas favorables j'ai pu constater à la surface des fontaines la formation de cercles irisés qui prouvent l'existence d'une pellicule extrêmement mince de pouvoir réfringent différent de celui de l'eau.

4^o L'expérience classique du camphre que j'ai répétée plusieurs fois avec succès m'a toujours montré les petits morceaux de camphre, tournant et girant avec les allures connues à côté de la fontaine, tandis que dans la fontaine elle même les poussières de camphre étaient parfaitement

immobiles. Cette expérience démontre à la surface de l'eau la présence d'un corps gras.

5° L'origine des fontaines, quand elle peut être suivie, permet toujours de remonter à la source d'un corps huileux et gras. Elles viennent d'un égout, de tanneries, des établissements de blanchisseuses, elles marquent la trace d'un bateau à vapeur lorsque la cuisine s'est débarrassée des eaux grasses ou lorsque la pompe de cale a rejeté dans le lac l'eau salie d'huile qui est tombée des machines. C'est ce que j'ai pu constater avec une grande précision chaque fois que j'ai eu l'occasion de naviguer sur l'un de ces petits yachts à hélice qui servent à la chasse sur notre lac.

6° Enfin la preuve décisive est la production artificielle des fontaines à l'aide de quelques gouttes d'huile versées à la surface. Cette expérience, bien facile à répéter sur le lac, chaque fois qu'une brise légère en agitera la surface, ou qu'il pleuvra par un temps calme, convaincra les plus incrédules de la rapidité avec laquelle ces taches d'huile s'étendent à la surface de l'eau. L'on pourra même appliquer le calcul à la production de ces fontaines et constater que 20 centimètres cubes d'huile suffisent à couvrir environ une surface de 4000 mètres carrés. La couche d'huile répandue ainsi sur le lac ne mesure guère que $\frac{1}{2000000}$ de millimètre d'épaisseur.

Je rappellerai à cet égard la pratique bien connue des pêcheurs de la Méditerranée, qui lorsque la brise ride trop la surface de l'eau et les empêche de voir au fond les animaux qu'ils poursuivent, éteignent les vagues en jetant à la surface quelques gouttes d'huile.

Je suis donc fondé à interpréter la formation des fon-

taines comme je l'ai dit en les attribuant à la présence d'une couche très mince d'un corps gras répandu à la surface du lac; j'ajouterai que depuis l'époque où j'ai pour la première fois émis cette idée (Soc. vaud. sc. nat., séance du 21 juillet 1869. Bull. t. X, p. 344.), j'ai suivi l'observation du phénomène chaque fois que j'en ai eu l'occasion, et que je n'ai jamais constaté un fait qui fût en opposition avec cette théorie.

Quant à la provenance des corps gras qui forment les taches d'huile, je puis indiquer à côté des causes susmentionnées les corps animaux en décomposition dont les parties grasses viennent, après la dissolution des tissus, monter à la surface de l'eau. C'est là probablement l'origine des taches d'huile que l'on observe soit sur les eaux des marais, soit sur l'eau de la mer, soit sur l'eau des lacs de montagnes, où les produits gras de l'industrie humaine ne sauraient être invoqués.

En résumé, de toutes les expériences que j'ai relatées et de toutes les observations directes dont je crois inutile de surcharger cette notice, je conclus que le changement d'aspect et de forme offert par les vagues du vent et de la pluie dans les taches irrégulières connues sur le lac Léman sous le nom de *fontaines* et *chemins*, et qui existent sur tous les lacs, mers et eaux dormantes, que ce changement d'aspect est dû à l'existence, à la surface de l'eau, d'une couche extrêmement mince d'un corps gras, de consistance huileuse. Je propose en second lieu de les appeler des *taches d'huile*.



De quelques réactions dans lesquelles le chlorate de potassium joue le rôle de corps chlorurant.

Soufre et chlorate de potassium.

Au mois de novembre dernier, comme j'étais occupé à préparer les expériences du cours de chimie de l'université de Zurich, je fus frappé de l'odeur caractéristique de chlorure de soufre qui se dégage quand on fait exploser, dans un pilon, un mélange de soufre et de chlorate de potassium.

M. le professeur Merz, auquel je fis part de cette observation, me conseilla de soumettre le mélange explosible ajouté de beaucoup de sable à l'action de la chaleur, en condensant les produits qui se dégageraient.

Cette distillation s'effectua très pacifiquement, et j'obtins un liquide jaunâtre possédant l'odeur nauséabonde caractéristique du chlorure de soufre. — Le point d'ébullition du liquide encore brut était 136° (température non corrigée); le chlorure S_2Cl_2 pur distille à $138-139^{\circ}$.

Le sable siliceux très-sec employé à cet effet avait été préalablement traité par l'acide nitrique concentré, puis lavé.

Dix grammes de chlorate de potassium et dix grammes de soufre ajoutés de 100 grammes de sable, me donnèrent

environ 300 cent. cubes de chlorure de soufre; plusieurs expériences me donnèrent cependant beaucoup moins de ce produit.

Pour éviter toute explosion pendant le mélange des corps, l'on doit d'abord pulvériser le chlorate de potassium, ensuite y ajouter le sable, et enfin effectuer le mélange intime avec la fleur de soufre. — Après la réaction, le sable restant dans la cornue est extrait par l'eau; il cède à ce liquide du sulfate et du chlorure de potassium, mais point de sulfure de ce métal.

Une étude approfondie pourrait seule expliquer cette réaction, au sujet de laquelle plusieurs théories peuvent être émises.

Après avoir trouvé cette formation de chlorure de soufre, j'ai essayé si du chlorate de potassium en agissant sur les corps du groupe du phosphore, ne produirait pas aussi les chlorures de ces corps.

Phosphore et chlorate de potassium.

L'action du chlorate de potassium sur le phosphore amorphe est accompagnée d'une explosion si extraordinairement violente que j'ai préféré laisser le phosphore de côté et agir avec l'arsenic et l'antimoine.

Arsenic et chlorate de potassium.

L'arsenic pulvérisé très-fin et mélangé à du chlorate de potassium, également en poudre impalpable, ne produit

pas d'explosion par le frottement dans le pilon; si l'on chauffe le mélange, il se produit une faible détonation, ce qui m'a contraint d'y ajouter du sable jusqu'à ce que la réaction s'effectuât tout à fait pacifiquement. Il me serait difficile de dire au juste la quantité de sable nécessaire; il est bon d'en faire soi-même l'essai, une trop grande quantité de ce corps inerte entravant de beaucoup la réaction.

Par la distillation de ce mélange, j'ai obtenu un liquide légèrement jaunâtre, distillant encore brut à 129° (temp. non corrigée); le trichlorure d'arsenic bout à 132° . — Ce liquide, décomposé par l'eau, donne avec l'hydrogène sulfuré un beau précipité jaune, et avec le nitrate d'argent un précipité blanc insoluble dans l'acide nitrique.

Je n'ai pas encore recherché quels sont les produits que renferme le sable après la réaction de l'arsenic sur le chlorate de potassium.

Antimoine et chlorate de potassium.

L'antimoine pulvérisé et mélangé à du chlorate de potassium peut être chauffé sans adjonction de sable; la réaction est très vive peu après la fusion du chlorate, et si l'on adapte à l'éprouvette un long tube, il s'y dépose une poudre blanche. Cette poudre, portée sur le zinc et humectée, produit une tache d'antimoine métallique. Les oxydes de l'antimoine ne produisant point de tache sur le zinc, nous avons très probablement dans cette poudre un mélange de chlorure et d'oxydes d'antimoine.

J'espère pouvoir approfondir encore ces recherches et en tirer un appui pour la théorie qui attribue au chlorate

4 SÉP. ACTION DE QUELQUES HYDRATES. BULL. 159

de potassium la structure K—O—O—O—Cl ; structure d'après laquelle le potassium ne serait pas directement uni au chlore ; ce dernier élément serait facilement détaché du groupement d'atomes par des corps jouissant, vis-à-vis de lui, d'une affinité relativement plus faible que celle du potassium.

•

J. DE MOLLINS, D^r phil.



De l'action de quelques hydrates métalliques sur le soufre.



Peu après avoir constaté que le chlorate de potassium avec le soufre donne du chlorure de soufre par l'action de la chaleur, je voulus essayer si peut-être l'hypochlorite de calcium jouissait de la même propriété.

Je chauffai dans ce but du chlorure de chaux du commerce avec du soufre ; contre mon attente, il ne se produisit point de chlorure de soufre ; mais, par contre, de l'hydrogène sulfuré prit naissance. — Le premier assistant (préparateur), M. le D^r Abeljang, était à ce moment

•

auprès de moi, et je lui fis constater ce fait probablement non encore observé. Nous fîmes alors ensemble quelques essais, et nous trouvâmes que l'hydrate de calcium accompagnant l'hypochlorite de ce métal était le corps qui avait réagi sur le soufre. — D'autres hydrates métalliques, par exemple la potasse caustique et l'hydrate de fer, nous donnèrent aussi de l'hydrogène sulfuré quand nous les chauffâmes avec du soufre. — Vers la fin de la réaction, il se produisait un abondant dégagement d'acide sulfureux.

Ce fait semblant mériter considération, je l'ai depuis lors un peu approfondi en étudiant spécialement le cas du soufre en présence de l'hydrate de calcium.

Si l'on calcine un mélange de chaux éteinte et de soufre, il se dégage au premier moment de la vapeur d'eau; puis, au bout de peu de temps, il se produit à une température relativement basse un dégagement d'hydrogène sulfuré; j'ai fait cela jusqu'à trois heures de suite et chaque fois il se dégageait de ce gaz en abondance.

Avec 20 grammes de soufre et 40 grammes de chaux vive (éteinte avant le mélange) j'obtins environ 10 à 12 litres d'hydrogène sulfuré.

Une fois que j'effectuais cette réaction dans un ballon muni d'un tube de dégagement, j'observai que les gouttes d'eau condensées retombant sur la masse chaude produisaient chaque fois un dégagement plus fort.

L'on pourrait faire ainsi un appareil dans lequel l'eau tomberait goutte à goutte sur le mélange chaud de soufre et d'oxyde de calcium.

Cette réaction ne nécessite pas une forte chaleur; — j'ai observé les températures en introduisant le petit ballon

6 sep.

BULL. 161

de dégagement dans un bain d'air muni d'un thermomètre. Le tube de dégagement plongeait dans de l'acétate de plomb.

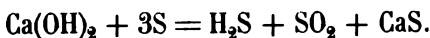
La réaction commence à 130°, faible jusqu'à 200; de 200 à 250° le dégagement augmente et de 250 à 270 il est très régulier. — La masse, humectée après le refroidissement, produit de nouveau, déjà à 120°, de l'hydrogène sulfuré; de 250 à 260° le courant de gaz semble plus fort que la première fois.

Le résidu de ce mélange de soufre et de chaux contient des polysulfures de calcium; probablement aussi des sulfites et des hyposulfites, je n'ai pu constater si, traité par les acides, il dégage de l'acide sulfureux dont l'odeur est probablement couverte par celle de l'hydrogène sulfuré.

Deux réactions sont possibles :



ou bien :



La seconde hypothèse semble invraisemblable, du moins quand on agit à basse température; car l'acide sulfureux ne se produit bien visiblement que lorsqu'on chauffe jusqu'au rouge, alors que le dégagement d'hydrogène sulfuré a presque cessé.

J. DE MOLLINS, Dr phil.

Observations siccimétriques, à Lausanne.

8^{me} année. — Année météorologique 1872.

Par

M. L. DUFOUR,

professeur de physique à l'Académie de Lausanne.

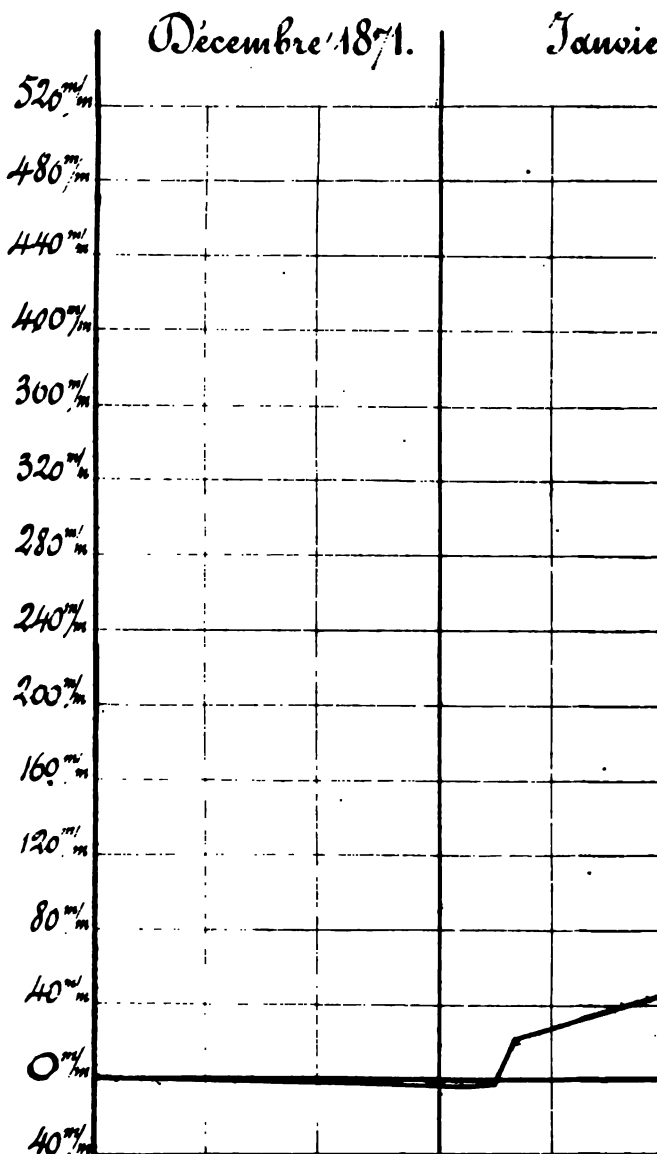
(Pl. V.)

1. Pendant l'année météorologique 1872, les observations ont été continuées suivant la méthode et avec l'appareil qui se trouvent décrits dans ce *Bulletin* (t. X, n^o 62, ann. 1869).

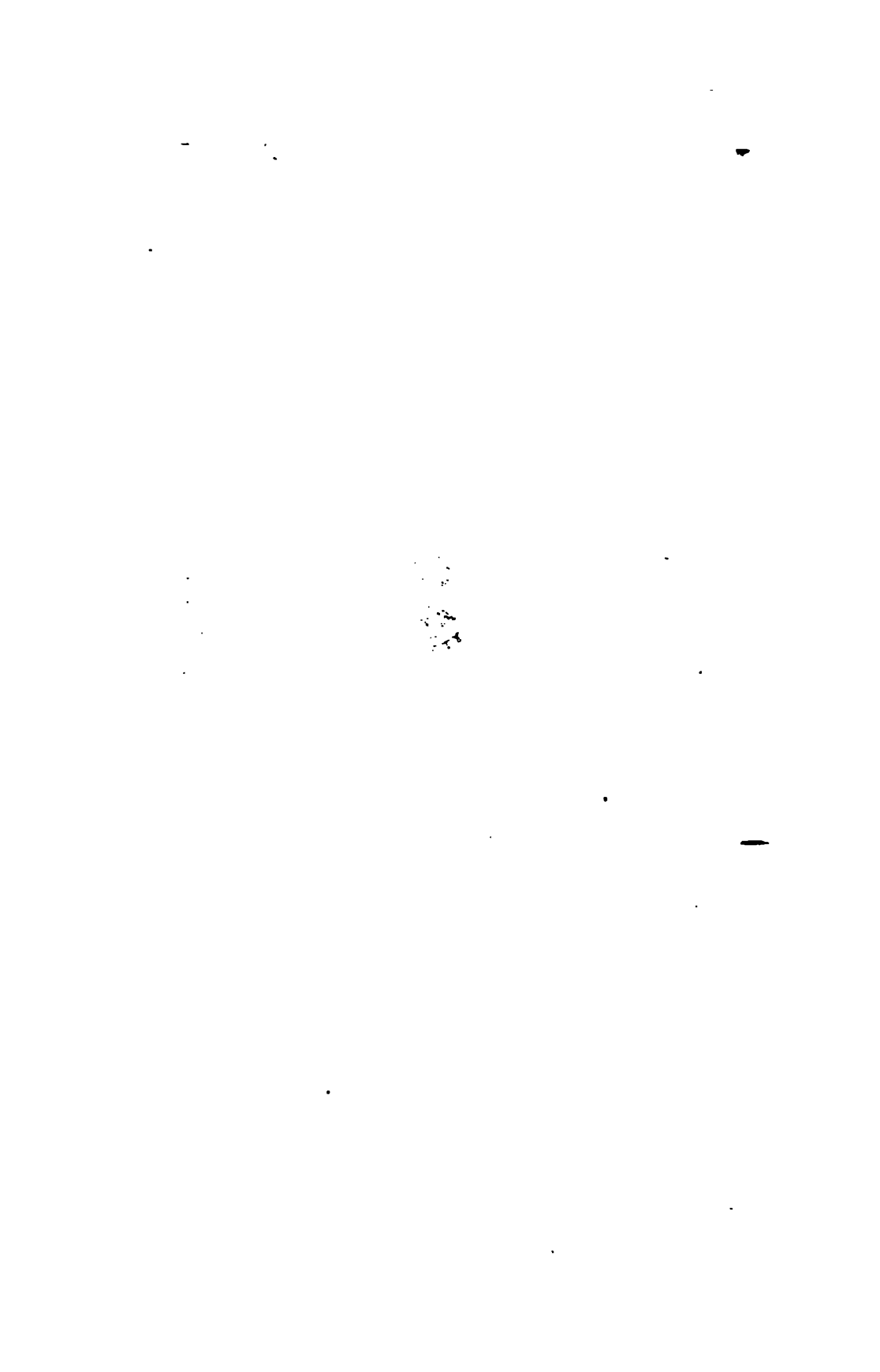
Qu'on me permette de reproduire ici quelques lignes explicatives, destinées aux personnes qui n'ont pas déjà eu sous les yeux les résumés des précédentes années d'observations :

« Le *siccimètre* se compose de deux vases de zinc, partiellement emboîtés l'un dans l'autre ; il offre, à la chute de la pluie et à l'évaporation, une surface circulaire de cinquante centimètres de diamètre (1965 centimètres carrés). Il est situé à quelques centimètres au-dessus d'un sol gazonné et se trouve librement exposé à la pluie et au soleil. La surface du liquide est fréquemment ramenée à un niveau constant (soit à la même distance des bords du vase), — tous les deux jours lorsque l'évaporation est un peu importante, et à des époques un peu plus éloignées lorsque l'évaporation est faible. L'évaporation fait baisser le niveau de l'eau dans le vase supérieur :

L. DUFOUR.— Observations siccim



La surface du vase exposé à la
 Les portions ascendantes de
 les portions descendantes, a



mais s'il ya excès de chute d'une observation à l'autre, le liquide passe du vase supérieur dans le vase inférieur par une ouverture convenablement placée. Les mesures qui sont faites et la méthode d'observation donnent seulement la *différence* entre la chute de la pluie et l'évaporation. »

..... « Si la gelée se prolonge, l'appareil est forcément abandonné sans modifications et une nouvelle observation n'est faite que quand la glace a fondu et qu'il est possible de mesurer la hauteur des couches liquides dans les deux vases. »

..... « Ces observations ne distinguent point la neige et la pluie et j'ai toujours cherché, pour l'hiver comme pour les autres saisons, à mesurer simplement la différence entre ce qui s'évapore et ce qui tombe sous forme de pluie, de neige ou de rosée. »

..... « L'appareil étant librement exposé aux rayons du soleil, il s'échauffe naturellement beaucoup dans les chaudes journées de l'été. Lorsque la température de l'air est de 25 à 30°, et que le soleil brille, j'ai trouvé souvent l'eau à 37 ou 38°. Ainsi, l'activité de l'évaporation dans le siccimètre dépend non-seulement de la température de l'air, mais aussi de la durée et de l'intensité de l'insolation directe, par conséquent de l'état couvert ou découvert du ciel. »

..... « La *situation* du siccimètre est, sans aucun doute, un facteur qui doit influencer sur les résultats obtenus. La situation influe déjà un peu, on le sait, sur les indications des pluviomètres ordinaires; elle influe probablement davantage sur toutes les mesures d'évaporation. Il serait difficile de trouver, pour des appareils comme celui dont il s'agit ici, deux installations assez pareilles pour

que leurs résultats fussent rigoureusement comparables. Mais cette difficulté est inhérente à toutes les observations d'évaporation faites jusqu'ici, et elle atteint tous les appareils qu'on a proposés, qu'ils soient exposés au soleil ou qu'ils soient placés à l'ombre. — Les données relatives à l'évaporation constatée dans des lieux différents étant affectées de cette influence de l'installation locale, je crois qu'il est illusoire de chercher à les comparer d'une façon trop minutieuse. Cette remarque s'applique en plein à l'appareil qui fait le sujet de cette *Note* et je pense que c'est seulement avec une certaine approximation qu'on pourra comparer les résultats fournis par des instruments analogues observés dans des lieux différents. Mais il y aura toujours un grand intérêt à comparer les données fournies par un même instrument durant des saisons ou des années successives, dans un même lieu, et c'est surtout cette comparaison que j'avais en vue en entreprenant ce genre d'observations. »

« A l'influence de l'installation locale, s'ajoute celle de la nature des vases employés et celle de leur dimension pour empêcher de rendre complètement comparables les observations d'évaporation faites avec des appareils différents et en différents lieux. »

..... « Il est à peine nécessaire de faire remarquer que l'évaporation fournie par le siccimètre n'est nullement celle du sol lui-même. Le sol s'évapore abondamment pendant qu'il est mouillé, et plus ou moins suivant l'état de sa surface (terres, plantes plus ou moins grandes, etc.); mais dès que le beau temps a duré quelques jours, la couche superficielle est passablement desséchée; elle fournit alors, sans doute, moins de vapeur que la surface aqueuse du siccimètre. »

2. Les résultats des observations de 1872 se trouvent consignés dans le tableau suivant. — La colonne intitulée *différence* renferme, pour chaque jour d'observation, la différence entre la chute de la pluie et l'évaporation, comptée à partir du commencement de l'année météorologique (1^{er} décembre 1871) jusqu'à ce jour-là.

Ainsi, par exemple, entre le 1^{er} décembre 1871 et le 27 février 1872, la chute de la pluie l'a emporté de 112^{mm},5 sur l'évaporation. — Le tableau montre immédiatement ce qui s'est passé entre deux dates quelconques. Ainsi, entre le 4 et le 24 avril, il y a eu un *excès de chute d'eau* de 183,5 — 90,5 soit 93^{mm},0. Entre le 14 et le 30 juillet, il y a eu un *excès d'évaporation* de 220,5 — 183 soit 37^{mm},5.

(Tableau).

3. Les chiffres de ce tableau ont servi à construire la courbe de la planche ci-jointe (Pl. V) qui est à la même échelle que les courbes des sept années déjà publiées. On a porté, pour chaque jour, une *ordonnée* représentant la différence que fournit le tableau ci-dessus. Les ordonnées positives représentent les excès de chute; les ordonnées négatives (presque nulles en 1872), les excès d'évaporation. Quand, entre des jours successifs, la courbe s'élève, c'est que la pluie a fourni plus d'eau que l'évaporation n'en enlevait; dans le cas contraire, il y a eu excès d'évaporation.

4. Le commencement de l'année météorologique 1872 a présenté une période remarquable par sa basse température et par la continuité du froid. Le 1^{er} décembre 1871, le siccimètre renfermait un peu de glace flottante.

TABLEAU

| Date | Différence | Date | Différence | Date | Différence | Date | Différence |
|-------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|----------------|------------|
| 1871 | | Avril | mm | Juin | mm | Sept. | mm |
| Décemb. | mm | 2 | +102,5 | 20 | +258,0 | 6 | +238,5 |
| 1 | 0,0 | 6 | 101,5 | 23 | 252,5 | 8 | 233,0 |
| 1872 | | 8 | 95,5 | 25 | 244,5 | 10 | 226,5 |
| Janvier | | 11 | 93,5 | 27 | 258,0 | 12 | 218,5 |
| 3 | — 4,6 | 14 | 82,5 | 30 | 245,0 | 16 | 205,5 |
| 5 | — 2,8 | 16 | 73,0 | Juillet | | 19 | 206,5 |
| 7 | + 22,0 | 19 | 63,0 | 2 | +233,0 | 22 | 206,0 |
| 20 | 46,0 | 22 | 70,5 | 7 | 199,0 | 24 | 207,0 |
| 25 | 86,5 | 24 | 98,5 | 9 | 215,5 | 27 | 205,0 |
| 27 | 88,5 | 27 | 93,0 | 11 | 199,5 | Octobre | |
| Février | | 30 | 90,0 | 14 | 220,5 | 1 | +198,0 |
| 2 | + 85,5 | Mai | | 16 | 209,5 | 4 | 243,0 |
| 6 | 83,5 | 2 | + 90,0 | 19 | 218,0 | 6 | 291,0 |
| 10 | 81,0 | 4 | 90,5 | 21 | 207,0 | 10 | 304,5 |
| 14 | 80,0 | 7 | 104,5 | 23 | 195,0 | 12 | 307,5 |
| 17 | 101,5 | 10 | 115,5 | 25 | 185,0 | 18 | 325,0 |
| 22 | 99,5 | 14 | 141,0 | 27 | 175,0 | 20 | 322,0 |
| 27 | 112,5 | 17 | 135,0 | 30 | 183,0 | 22 | 329,0 |
| Mars | | 22 | 170,5 | Août | | 27 | 329,0 |
| 3 | +108,5 | 24 | 183,5 | 1 | +216,5 | 29 | 384,0 |
| 6 | +103,5 | 25 | 239,5 | 3 | 234,5 | | |
| 8 | 98,0 | 26 | 251,5 | 8 | 261,5 | Nov. | |
| 10 | 95,0 | 29 | 234,0 | 11 | 300,0 | 6 | +418,0 |
| 12 | 92,5 | 31 | 224,0 | 14 | 297,0 | 12 | 446,0 |
| 14 | 87,5 | Juin | | 16 | 293,5 | 15 | 455,5 |
| 16 | 85,5 | 4 | 255,5 | 18 | 284,0 | 23 | 475,0 |
| 18 | 80,5 | 6 | 271,5 | 21 | 269,0 | | |
| 20 | 86,5 | 9 | 269,5 | 24 | 276,5 | Décemb. | |
| 23 | 92,0 | 11 | 277,5 | 29 | 266,5 | 1 | +502,0 |
| 26 | 114,0 | 14 | 271,0 | Sept. | | | |
| 28 | 108,0 | 16 | 261,5 | 1 | +258,5 | | |
| 30 | 104,0 | 18 | 249,0 | 4 | 246,5 | | |

La gelée survint ce jour même et, jusqu'à la fin du mois, il n'y eut aucune observation possible : l'appareil demeura gelé dur. Il n'y eut aucune chute de pluie et seulement un

peu de neige. Désirant savoir si, durant cette longue période d'un froid souvent fort rigoureux, il y avait eu une évaporation appréciable de la glace, je versai dans l'appareil, le 3 janvier 1872, une quantité mesurée d'eau chaude. La glace ayant fondu, je trouvai (après avoir déduit l'eau chaude ajoutée) que, pendant ces 34 jours, il s'était produit un excès d'évaporation de 4^m,6. Or, d'après les observations de M. le professeur Marguet, il est tombé durant cette période, sous forme de neige, 5^{mm},2. L'évaporation de la glace a donc été de 9^{mm},8 en 34 jours. — Ce fait d'une évaporation de la glace s'explique parce que la température a été le plus souvent au-dessous de zéro. Dans le mois de décembre, il y a eu 23 jours où le maximum est demeuré inférieur à 0°. Si la température eut été plus fréquemment au-dessus de zéro, il aurait pu y avoir, à la surface de la glace du siccimètre, une condensation de vapeur d'eau.

L'eau du siccimètre avait de nouveau gelé le 3 janvier, dans la soirée. Deux jours après, le 5, la température ambiante s'adoucit assez pour amener le dégel ; — c'était la première fois depuis 30 jours, soit depuis le 1^{er} décembre.

Il y eut une nouvelle période de gelée et de neige, durant laquelle aucune mesure ne fut possible, entre le 7 et 20 janvier.

Pendant les mois de février, mars et avril, il y eut à peu près compensation entre la chute de la pluie et l'évaporation.

Des pluies abondantes signalèrent le mois de mai et le commencement de juin, ainsi que la fin de juillet et le commencement d'août. Entre ces deux époques, il y

eut une série d'environ cinquante jours pendant lesquelles l'évaporation l'emporta.

La courbe de la Pl. V montre une seconde période avec excès d'évaporation comprenant la seconde moitié d'août et le mois de septembre.

On peut remarquer, cependant, que l'été de 1872 ne donna pas lieu à une évaporation prononcée comme cela s'était produit durant les cinq années précédentes. Les courbes de ces diverses années sont, sous ce rapport-là, très intéressantes à comparer. Durant chaque été, à partir de 1866, il y avait, à un certain moment, compensation entre l'eau tombée et l'eau évaporée à partir du commencement de l'année météorologique ; la courbe coupait l'axe et les ordonnées devenaient négatives. On se rappelle, entre autres, que la courbe de 1870 s'est abaissée jusqu'à 483^{mm} au-dessous de l'axe. — En 1872, il n'y a rien de pareil, et la forme générale de la courbe rappelle celle de 1866. Dès le mois de janvier, il y a toujours excès de chute d'eau.

On voit que les mois d'octobre et de novembre sont remarquables par le grand excès de la chute sur l'évaporation. La courbe se relève et s'éloigne de plus en plus de l'axe. L'année météorologique finit avec un excès de chute d'eau de 502^{mm}.

5. Pour connaître l'évaporation absolue, il faut retrancher ce chiffre 502 de celui qui exprime l'eau recueillie au pluviomètre. Les observations de M. le professeur Marguet (qui m'avaient jusqu'ici fourni les données pluviométriques nécessaires) ont dû être interrompues au milieu de juin. A cette époque, j'ai installé un pluvio-

8 SÉP. OBSERVATIONS SICCIMÉTRIQUES. BULL. 169

mètre près du siccimètre et j'ai observé régulièrement dès lors.

Voici l'eau tombée dans chaque mois ; les indications des mois de décembre à juin sont dues à M. Marguet.

| | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Décembre 1871 . | ^{mm} 4,9 | Juin | ^{mm} 95,2 |
| Janvier 1872 . . | 97,2 | Juillet | 126,7 |
| Février | 55,3 | Août | 138,3 |
| Mars | 38,1 | Septembre . . . | 23,1 |
| Avril | 60,6 | Octobre | 240,8 |
| Mai | 185,7 | Novembre . . . | 108,0 |

La somme de ces divers nombres est 1173^m,9 c'est la couche d'eau tombée à Lausanne en 1872. En soustrayant de ce nombre celui qui représente l'excès de chute d'après le siccimètre, on trouve 671^m,9 comme expression de l'*évaporation absolue*.

6. Les renseignements qui précèdent montrent que l'année météorologique 1872 doit être considérée comme une année humide. La chute d'eau y a été plus considérable qu'elle ne l'est en moyenne à Lausanne, et depuis huit ans que les observations siccimétriques sont commencées, 1872 n'est dépassé que par 1866 au point de vue de l'excès de la chute d'eau sur l'évaporation.

En combinant le chiffre indiqué ci-dessus, 671^m,9, avec ceux des années précédentes, on trouve pour les huit années 1865-1872, comme *moyenne annuelle* de l'évaporation absolue fournie par le siccimètre, 751^{mm}.



EFFETS D'UN COUP DE FOUDRE sur une maison pourvue d'un paratonnerre

PAR

H. CAUDERAY,

Inspecteur des télégraphes des chemins de fer de la Suisse Occidentale,
à Lausanne.

Le 10 août 1872, vers 8 heures du soir, un violent coup de foudre a atteint la maison de M. Bonnard, située à l'occident de Lausanne, à 130 mètres environ au-dessus de la route d'Echallens.

Cette maison contenant un rez-de-chaussé, deux étages et des mansardes a été construite en 1866 et a été, dès sa construction, munie d'un paratonnerre, elle est isolée et aucune construction ou autre objet plus élevé ne se trouve dans son voisinage immédiat.

La tige du paratonnerre est reliée par sa base à la couverture en zinc placée sur le sommet des quatre angles formant le faite du toit qui est recouvert en ardoises. Cette couverture métallique aboutit aux quatre angles du bâtiment, au zinc de la corniche qui borde la toiture. Une seconde corniche, placée environ 8 pieds au-dessous de la première, est également recouverte de feuilles de zinc, mais elle n'a aucune communication métallique avec la première.

Plusieurs conduites d'eau ont été établies à l'intérieur

de la maison au moyen de tuyaux en plomb de divers diamètres, lesquels sont reliés dans le sol à la conduite principale et à d'autres tuyaux distributeurs. L'embranchement destiné à amener l'eau dans un réservoir pour le service des lieux d'aisances est placé très près de la seconde corniche dont il est parlé plus haut.

Voici maintenant quelles sont les traces laissées par la foudre sur le bâtiment :

L'extrémité de la pointe du paratonnerre qui était en cuivre doré a été fondue ⁽¹⁾. A la base de la tige, le fluide électrique s'est bifurqué, une petite quantité a très probablement suivi le conducteur du paratonnerre et s'est écoulée dans le sol, tandis que la masse principale paraît s'être portée sur les feuilles de zinc recouvrant le faite du toit et la corniche supérieure. De la corniche supérieure, l'étincelle électrique a passé à la corniche inférieure, en brisant les ardoises qui revêtent les parois latérales des mansardes, cela directement au-dessus des lieux d'aisances où passent les tuyaux de plomb. Les feuilles de zinc recouvrant la corniche inférieure ont été soulevées, l'une d'elles a été percée d'un trou rond, avec une bavure indiquant une pression de bas en haut, une poutre placée sous le zinc fut également perforée et légèrement carbonisée par l'étincelle qui pénétra à l'intérieur et atteignit près de là une bride, servant à fixer un tuyau de plomb, elle l'arracha en produisant une forte étincelle qui a carbonisé ou plutôt fortement noirci une place de la planche formant le siège des lieux d'aisances, le fluide s'écoula

(1) Cette pointe a été remise à M. le professeur L. Dufour, qui a eu l'obligeance de l'apporter pour la présenter à MM. les membres de la Société.

ensuite dans le sol par les conduites en plomb sans causer d'autres dégâts.

Il y a donc eu sur ce bâtiment des dommages causés par une dérivation partielle de la foudre, cela malgré la protection d'un paratonnerre apparemment en bon état.

Voici quelle est la cause très probable de cet accident :

En 1868, vers la fin de juillet, nous fûmes appelés à examiner le paratonnerre de ce bâtiment qui fut alors éprouvé au moyen du *vérificateur électrique*, la pointe, la tige, le collier et le conducteur étaient en parfait état (la déviation de l'aiguille de la boussole du vérificateur était de 50° sous l'influence du courant passant par le conducteur), la barre d'écoulement fut également jugée suffisamment conductrice (déviation de l'aiguille 22°) ⁽²⁾.

Immédiatement après l'accident, le paratonnerre, vérifié de nouveau, donna comme précédemment 50° pour le conducteur, mais seulement 5° pour la barre d'écoulement, celle-ci découverte fut trouvée en bon état, mais peut-être trop isolée du sol, dans une conduite en briques établie sur la plus grande partie de son trajet souterrain. Cette différence considérable de conductibilité à 4 ans d'intervalle ne peut guère être attribuée qu'à une oxydation des surfaces de la barre en contact avec le sol, ou à une différence survenue dans le degré d'humidité des couches inférieures du sol, ou bien peut être à ces deux causes réunies.

Toutefois il est très probable que le paratonnerre aurait

(2) La pratique nous a démontré qu'une barre d'écoulement n'est ordinairement en mauvais état que lorsque la déviation de l'aiguille est inférieure à 4°.

parfaitement fonctionné si des masses métalliques, *en meilleure communication avec le sol et en contact avec les couches souterraines profondes sur une plus grande étendue que la barre d'écoulement du paratonnerre*, n'étaient pas entrées dans la construction du bâtiment et si elles ne se fussent pas trouvées complètement isolées du conducteur du paratonnerre. Il est évident que ce sont ces masses métalliques qui ont détourné en partie le courant ou plutôt qui ont bifurqué l'étincelle électrique concentrée sur le paratonnerre.

Ce cas n'est du reste pas isolé ; on a signalé depuis quelques années de fréquents exemples de coups de foudre, dont l'étincelle a été bifurquée par l'action de conduits d'eau, de gaz, de vapeur, d'air chaud ou par d'autres masses métalliques que l'on avait négligé de mettre en communication avec les conducteurs des paratonnerres.

Dans diverses villes de France, à Paris entre autres, il est déjà arrivé plusieurs fois que malgré la protection de paratonnerres, des incendies ont été allumés par la foudre qui, à différentes reprises, a percé des tuyaux en plomb et a enflammé le gaz d'éclairage s'échappant par ces ouvertures.

Pour prévenir, sur le bâtiment de M. Bonnard, le retour d'un accident semblable à celui arrivé le 10 août, nous avons fait relier dans le sol, par un conducteur formé d'une tige de fer d'un fort diamètre, la barre d'écoulement avec un tuyau en plomb qui aboutit à la conduite d'eau principale et qui communique aussi avec les tuyaux distributeurs du bâtiment.

La barre d'écoulement, vérifiée aussitôt après cette opération, nous a donné à la boussole une déviation de 30°

au lieu de 5° trouvés après le 10 août ; donc la puissance d'écoulement a été considérablement augmentée par cette réparation.

Les corniches recouvertes en zinc ont également été reliées au conducteur.

Cet exemple prouve positivement que l'on ne saurait trop recommander d'établir une communication métallique suffisantes entre les conducteurs des paratonnerres et toutes les pièces de métal importantes qui entrent actuellement en grand nombre dans la construction des bâtiments et surtout avec celles qui pénètrent dans le sol.



ANALYSE DE L'EAU DU LAC LÉMAN

par MM. RISLER et WALTHER.

L'eau a été recueillie le 18 septembre 1872, à 3 heures après midi, entre Nyon et Nernier, dans la partie du lac appelée *Mont* par les bateliers. Elle a été prise à peu près à la surface, un peu au-dessous. Sa température était de 19°,6. Un vent du Sud-Est agitait légèrement la surface du lac.

1 litre d'eau (pression atmosphérique réduite à 760 millimètres et température de l'air à 0°) contenait 21,55 centimètres cubes de gaz composés de :

| | |
|----------------------------|-------|
| Acide carbonique | 2,88 |
| Oxygène. | 6,80 |
| Azote | 11,87 |

Evaporé, il a laissé un résidu de 0^{re},170 composé de :

| | |
|--|--------|
| Silice | 0,0016 |
| Phosphate de fer | 0,0011 |
| Chaux | 0,0605 |
| Magnésie | 0,0047 |
| Soude | 0,0052 |
| Potasse | 0,0019 |
| Acide sulfurique | 0,0346 |
| Chlore | 0,0006 |
| Acide carbonique | 0,0590 |
| Traces de matières organiques et
pertes | 0,0008 |

0,1700

PROCÈS-VERBAUX.

SÉANCE DU 3 JUILLET 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire: M. W. FRAISSE.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et approuvé.

MM. KLUNGE fils, à Vufflens-le-Château ;
KRAFFT, Edouard, à Lausanne ;
FOREL, Auguste, à Morges ;
ROUD, Louis, ingénieur ;
CÉRÉSOLE, Sébastien, docteur-médecin, à Cossonay ;
DUBOUX, Emile, docteur-médecin, à Lausanne ;
CHALLAND, Théodore, docteur-médecin à Lausanne,
sont proclamés membres effectifs de la Société.

M. le président informe la Société que, selon ce qui a été décidé dans la séance précédente, MM. L. Dufour, Jules Piccard commissaire-général et Bieler, vétérinaire, sont adjoints au bureau pour l'étude des propositions à faire comme conséquence du legs de Rumine.

La *Société helvétique des sciences naturelles* aura sa réunion annuelle les 19, 20 et 21 août prochain, à Fribourg. En conséquence, Messieurs les membres de la Société vaudoise qui désireraient être présentés à la Société helvétique sont invités à le faire savoir au Bureau. — Le Bureau est chargé de cette présentation et il devra de même désigner les deux délégués officiels de la Société chargés de la représenter à Fribourg pour les questions administratives.

M. Constant CORBOZ, député, à Epesses, est présenté comme membre de la Société, par M. F. Forel.

M. le président lit des lettres de MM. Em. Plantamour, Ch. Martins et Abel Transon, qui acceptent leur nomination comme membres honoraires.

M. le président donne connaissance d'une lettre de M. MALHERBES, à Bonvillars, lequel signale la destruction très active qui se fait dans la contrée des blocs erratiques répandus dans cette région. Cet objet sera recommandé à la sollicitude des autorités compétentes.

M. Jean DE LA HARPE, docteur, communique des observations sur les grappes de vignes fasciées; il montre un échantillon conservé de grappe fasciée. (Voir aux mémoires, *Bull.* n° 68).

M. Jean DE LA HARPE montre à la Société divers échantillons de marbre de Carrare, qu'il a recueillis lui-même et qui font bien connaître les différentes qualités de marbres de ces carrières célèbres. Un de ces échantillons présente la particularité d'un cristal de quartz de la plus parfaite transparence; ces cristaux de quartz pur ne

sont pas rares et se rencontrent dans des cavités de la roche calcaire qui forme la masse, cavités qui sont tapissées de cristaux de quartz.

M. de la Harpe fait encore connaître une notice de M. Daniel RAPIN, ancien membre de la Société, qui habite Genève, sur diverses particularités des plantes de la Suisse, et plus spécialement de la *Dentaria pinnata-digitata* et de la *Viola mirabilis sylvatica*. (Voir aux mémoires du *Bulletin* n° 68).

M. Henri CAUDERAY lit deux notices sur les particularités observées à Renens, après le coup de foudre qui a frappé une maison de ce village dans la journée du 9 juin écoulé. (Voir aux mémoires du *Bull.* n° 68).

M. le colonel F. BURNIER expose une méthode de multiplication abrégée appliquée au calcul des intérêts. (Voir aux mémoires du *Bull.* n° 68).

M. F. BURNIER présente encore une méthode du calcul des coordonnées d'un canevas topographique, laquelle méthode évite la résolution numérique des divers triangles du réseau. (Voir aux mémoires du *Bull.* n° 68).

M. Eugène DEMOLE expose verbalement les premiers résultats de recherches commencées sur certaines terres improductives du voisinage de la Tinière, à Villeneuve.

M. BORGEAUD, professeur, montre une très belle plante de Jusquiame (*Hyosciamus niger*) gigantesque, trouvée isolée dans un champ de la ferme de Montagibert, sur Lausanne.

SÉANCE DU 6 NOVEMBRE 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et approuvé.

M. Constant CORBOZ, député, est proclamé membre effectif de la Société.

Six nouvelles présentations sont faites, savoir :

MM. Henri CHATELANAT, à Ouchy, présenté par M. Forel ;

Henri CARRARD, professeur, à Lausanne, présenté par M. Forel ;

Elie GUINAND, architecte, à Lausanne, membre de la Société helvétique, présenté par M. Bieler ;

RAPIN, ancien pasteur, à Lausanne, présenté par M. Bieler ;

Henri DE MESTRAL, officier de cavalerie, à Saint-Saphorin sur Morges, présenté par M. Bieler ;

REY, étudiant, à Lausanne, présenté par M. Brélaz.

M. le président donne connaissance à l'Assemblée de trois lettres de remerciement et d'acceptation de trois des membres honoraires nommés dans la séance générale du 19 juin de cette année : MM. Tyndall, de Bary et His.

M. le président présente la collection des livres et mémoires reçus depuis la dernière séance.

M. le président indique à la Société les circonstances

qui empêchent le Bureau de fournir dès aujourd'hui le travail qui lui a été demandé sur les modifications à apporter au règlement actuel. Ce travail sera présenté prochainement, comme cela est prescrit par la décision du 19 juin. Messieurs les membres de la Société recevront une convocation spéciale par circulaire pour la séance où cette question sera mise en délibération. Les nouveaux statuts proposés seront envoyés à chaque sociétaire.

Le Bureau regrette de ne pouvoir encore annoncer le succès des démarches tentées par la Commission qui avait été chargée de rechercher un local et les moyens convenables pour établir à Lausanne une station météorologique régulière.

M. le professeur L. Dufour, membre de cette Commission, expose verbalement quelles sont les difficultés qui ont surgi au moment où la Commission croyait avoir atteint le but de ses recherches; mais il y a lieu d'espérer que de nouvelles recherches seront plus heureuses.

La Société vote la dépense déjà faite pour les instruments déjà acquis et des remerciements à la Commission qui voudra bien continuer sa tâche.

M. le président informe la Société que les études préliminaires sur le lac Léman sont en bonne voie. On traite de divers côtés pour obtenir les facilités indispensables. Les résultats seront communiqués un peu plus tard à la Société.

L'ordre du jour réglementaire appelle la votation pour le renouvellement du Bureau. Mais sur la proposition motivée de M. le professeur Dufour, la Société décide que le Bureau actuel sera maintenu en fonctions, provi-

soirement, jusqu'à ce que l'acceptation des nouveaux statuts ait déterminé le mode de nomination et les conditions futures du Bureau de la Société.

La Société consultée décide de s'en tenir aux dispositions précédentes quant aux jours et heures des séances. Il est entendu que les séances auront lieu deux fois par mois ; l'une le 1^{er} mercredi, à 8 heures du soir, au Musée industriel ; l'autre le troisième mercredi de chaque mois, à 4 heures après-midi, au local du Cercle de Beau-Séjour, qui est obligeamment mis à la disposition de la Société.

La séance générale de 1873 sera convoquée par circulaire pour le 3^e mercredi du mois de juin, et l'année sociale sera terminée par la séance du 1^{er} mercredi de juillet.

M. le docteur MARCEL « présente une vertèbre cervicale trouvée à Vidy, dans une gravière du domaine De Lessert, à 15 pieds de profondeur, dans un sable quartzeux très fin, très propre et fort anguleux. Au-dessus était une couche de cailloux granitiques roulés, verts, blancs, fort variés et du volume de nos pierres à paver. — Au-dessus, diverses couches de graviers charriés par les eaux, et 3 pieds de terre végétale.

« Cette vertèbre est une troisième cervicale d'un animal très considérable, qui, à en juger par le peu de développement de l'apophyse épineuse, devait porter la tête haute souvent ou habituellement ; — elle pèse 530 grammes dans l'état sec où elle est présentée, et mesure 18 centimètres de profondeur d'avant en arrière. Il est remarquable que cette vertèbre soit si exactement conservée ; on ne peut l'attribuer qu'au sable fin dont elle était entourée. »

M. le professeur F. Forel aura la bonté de déterminer à quel gigantesque animal elle devait appartenir.

M. Sylvius CHAVANNES présente quelques considérations nouvelles et quelques échantillons démontrant, selon lui, que la roche connue sous le nom de *Corgneule* est une roche qui se forme par métamorphose et se trouve dans les Alpes des environs de Bex à divers degrés de métamorphisme, en sorte qu'elle ne peut être classée géologiquement dans aucun des étages réguliers des rochers sédimentaires, ni dans le liais, ni dans les roches triasiques ou jurassiques. (Voir aux mémoires).

M. le Dr DU PLESSIS présente et fait circuler un flacon rempli d'eau de mer contenant, avec quelques algues, plusieurs exemplaires vivants de l'*Eudendrium ramosum* et d'une autre espèce probablement nouvelle. L'heure avancée l'oblige à renvoyer la communication qu'il se proposait de faire sur ces zoophytes et sur des détails nouveaux relatifs à leur double reproduction.

M. Du Plessis fait suivre cette présentation de quelques mots sur l'avantage que présentent des flacons de petites dimensions, bouchés à l'émeri, pour transporter et conserver longtemps, dans fort peu d'eau, des animaux et des plantes marines de plusieurs espèces. Il fait remarquer surtout que l'oxygène dégagé par les plantes vertes, sous l'influence de la lumière, se trouve forcé de s'accumuler dans ces flacons à clôture hermétique et que la pression qui résulte de cette accumulation permet à l'eau de mer d'en tenir en dissolution une plus grande quantité et de suffire ainsi à la consommation d'un plus grand nombre d'animaux. L'évaporation de l'eau de mer

et l'augmentation de la densité qui s'opèrent dans les vases ouverts ou mal bouchés étant une cause de destruction pour une foule d'organismes très délicats, le flacon bouché à l'émeri ne présente pas cet inconvénient et permet la conservation des larves les plus délicates. On peut les transporter partout et les examiner à la loupe dans tous les sens de façon à ce qu'aucun détail de leur flore ou de leur faune ne puisse échapper à l'observateur.

C'est sur ces aquariums en miniature que l'on a déjà fait maintes découvertes importantes, notamment celles de Dujardin et de Van Beneden, lesquels cependant ne s'étaient point précautionnés contre l'évaporation et la perte de l'oxygène.

M. FOREL, professeur, dit quelques mots sur les illusions d'optique qui se produisent dans l'eau relativement à la grosseur apparente des objets qui y sont plongés.

SÉANCE DU 20 NOVEMBRE 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

Lecture est faite du procès-verbal de la séance précédente, qui est approuvé.

MM. Henri CHATELANAT, professeur ;
Henri CARRARD, professeur ;
E. GUINAND, architecte ;

MM. RAPIN, ministre ;

Henri DE MESTRAL ;

REY, étudiant, sont proclamés membres effectifs de la Société.

M. le président indique les livres et les publications reçues par la Société depuis la dernière séance.

M. le président lit une lettre de la Société d'émulation du Doubs, en date du 10 novembre, qui annonce sa séance publique du jeudi 19 décembre 1872 et invite la Société vaudoise à envoyer des représentants à cette solennité. — Les membres de la Société qui seraient disposés à se rendre à Besançon voudront bien s'annoncer au Bureau.

M. le président annonce que le projet du nouveau règlement a été préparé et sera prochainement imprimé et envoyé à tous les membres de la Société ; ils recevront en même temps une convocation pour une assemblée générale extraordinaire, spécialement destinée à la discussion de ce règlement.

Le Bureau est chargé de fixer le jour et l'heure de cette séance avant la fin de l'année, de manière à ce que les nouveaux statuts puissent entrer en vigueur dès le renouvellement de l'année.

M. le docteur DU PLESSIS, continuant sa précédente communication, présente quelques détails qu'il n'a pu trouver dans les ouvrages récents. Il s'agit de la formation des organes sexuels chez une espèce d'*Eudendrium* (*Eudendrium aurantiacum*) probablement nouvelle. Il explique la déformation particulière que ce développement fait éprouver aux individus mâles et femelles et fait

ressortir l'analogie qui existe entre cette déformation et celle du même genre, mais moins frappante, connue depuis longtemps chez les Hydres d'eau douce.

M. le professeur L. DUFOUR fait passer sous les yeux de la Société un certain nombre de nouvelles cartes statistiques et météorologiques qui sont publiées par l'Observatoire de Paris.

M. le colonel F. BURNIER donne la démonstration géométrique de l'illusion d'optique qui se produit quand on voit un objet situé au fond d'une eau transparente.

M. BURNIER fait une rapide indication des résultats auxquels est parvenu M. Jules Michel, ingénieur des ponts et chaussées, autrefois membre de notre Société, dans sa recherche de la véritable grandeur et de l'ancienneté du *Pied Gaulois* ; — recherche dont il a fait le sujet d'une intéressante brochure qu'il a donnée à notre bibliothèque. Sa méthode est fondée sur l'étude des dimensions réelles de tous les monuments de l'époque, en admettant que les ouvriers qui ont construit ces monuments ou qui ont taillé les inscriptions ont dû se servir de mesures simples et de subdivisions simples, comme cela se fait toujours dans la pratique des constructions.

M. FOREL, professeur, ajoute quelques mots pour signaler quels monuments de notre pays il serait intéressant de comparer pour reconnaître qu'elle était la mesure usitée à l'époque de leur construction.

M. BRÉLAZ, professeur, au nom de M. E. DEMOLE, actuellement absent, lit un fragment de mémoire sur la

matière colorante rouge qui se trouve dans une couche particulière du terrain de la Tynière, près Villeneuve, sujet dont M. Demole a déjà entretenu la Société dans sa séance du 3 juillet 1872.

M. E. GUILLEMIN indique le succès obtenu chez lui par la construction d'un pressoir à vin en béton de ciment, établi par M. Tesseyres. Ces pressoirs peuvent avantageusement et économiquement remplacer les énormes pressoirs en granit dont l'usage est assez répandu et dont le transport et la pose sont si difficiles dans nos vignobles.

M. DE MEURON ajoute son approbation et quelques détails sur les pressoirs analogues qui se font depuis quelques temps dans le vignoble de La Côte.

M. le Dr Phil. DE LA HARPE place sous les yeux de la Société les restes de rhinocéros fossile trouvés dans la molasse, à la place du Tunnel, à l'entrée de la ville de Lausanne.

« Ces restes se composent d'une tête avec mâchoire supérieure et crâne, d'une mâchoire inférieure, d'un cubitus et de quelques dents isolées. Le crâne est aplati de haut en bas, et présente une forme presque circulaire dans le plan horizontal. Le moule de la cavité cérébrale est bien conservé et fait voir les empreintes des circonvolutions du cerveau. La mâchoire supérieure porte cinq dents de chaque côté, savoir trois molaires de lait à peine entamées par l'usure; puis, en avant d'elles, la première molaire définitive, qui sort à peine de son alvéole; et, en arrière, la cinquième molaire, définitive aussi. Celle-ci n'est pas encore tout-à-fait hors de l'alvéole et sa forme

n'est pas non plus celle de son entier développement. Tout ce qui est en avant de la première molaire a disparu, ensorte que l'on ne peut constater la présence ou l'absence de canines ou d'incisives. Cette pièce rappelle la figure que de Blainville (*Ostéographie, Rhinoceros*, Pl. XII) donne d'une mâchoire d'un jeune individu trouvé à Sansans ; le nôtre est plus jeune encore.

» La mâchoire inférieure appartient au même individu, elle est exactement du même âge. Elle porte les trois molaires de lait, précédées d'un prémolaire simple, conique, à une racine, et suivie d'une cinquième molaire, de deuxième dentition, encore enfouie dans l'alvéole. En avant de la prémolaire se trouve un espace vide, puis une incisive latérale, petite, usée, cylindrique et de la grosseur d'une plume d'oie. Cet espace vide était-il une barre véritable, ou bien était-il occupé par une canine rudimentaire ? C'est ce que la conservation de la pièce ne permet pas de décider. On ne peut pas davantage reconnaître de traces d'autres incisives.

« Le cubitus appartient peut-être aussi au même individu. Il est long, élancé ; l'épiphyse olécraniennne et celle de l'articulation inférieure sont détachées. Dans sa forme, il rappelle parfaitement la figure donnée par de Blainville pour le *Rhinoceros incisivus*. Il est toutefois plus court et plus grêle, ce qui tient au décollement des épiphyses et au jeune âge de notre animal.

» D'un autre individu de la même espèce, on a recueilli au même endroit trois molaires à peines entamées par l'usure. Ce sont la première et la seconde supérieures de droite, réunies ensemble, et la première de gauche isolée. Les premières molaires sont grandes en comparaison de la deuxième, ce qui ferait supposer que celle-ci

est de première dentition. Mais, d'un autre côté, comme l'usure de cette dernière n'est pas plus avancée que celle de la première cette supposition me paraît peu soutenable. L'espèce à laquelle appartient ces débris est le *Rhinoceros incisivus*, Cuv., ou *Acerotherium typus*, Kaup., telle qu'elle est comprise par de Blainville et Broun. Nos débris actuels montrent des animaux de taille moyenne. Ceux trouvés autrefois à Béthusy et à Rovéréaz étaient d'une taille double ; ceux trouvés au Petit-Valentin, il y a quatre ou cinq ans, étaient au contraire de moitié plus petits. (*Rhin. minutus*, Cuv.)

» En compagnie de ces grands pachydermes, M. de la Harpe a trouvé au Tunnel un fragment de mâchoire d'un petit ruminant, assez mal conservée, probablement de *Palæomeryx*. »

SÉANCE DU 4 DÉCEMBRE 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire : M. BIELER.

M. Emile FRANCILLON, ancien agriculteur, à Lausanne, est présenté par M. Bieler.

M. le président donne connaissance de la liste des ouvrages reçus, Il annonce à l'assemblée que le Bureau a fait imprimer le nouveau projet de statuts et qu'une assemblée générale est convoquée pour le 28 décembre en vue de la discussion de ce règlement.

M. Henri KAMM lit une notice tirée de journaux anglais, au sujet de la pluie d'étoiles du 27 novembre dernier. — M. L. DUFOUR, professeur, désire que notre *Bulletin* fasse mention des diverses observations recueillies chez nous sur cet événement remarquable. Il propose que la rédaction de cette mention soit remise à une commission ou à un membre désigné par le bureau.

M. Henri CAUDERAY lit une notice relatant les effets d'un coup de foudre sur une maison armée d'un paratonnerre. (V. aux mémoires).

M. L. DUFOUR présente une table destinée à calculer rapidement la hauteur du soleil à un moment donné. Cette table permet de simplifier les calculs. (V. aux mémoires.)

M. FOREL, professeur, présente un bois de renne, une phalange de cheval et l'extrémité inférieure de tibia d'un même animal, ces ossements ont été trouvés dans la balastière du Boiron, près Morges.

M. GUILLEMIN, ingénieur, montre une modification qu'il a apportée à ses amorces électriques en vue de pouvoir enflammer des cartouches de dynamite.

M. FOREL, professeur, expose la suite de ses recherches sur la température animale.

— . . . —

SÉANCE DU 18 DÉCEMBRE 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

Lecture est faite des procès-verbaux des deux dernières séances des 20 novembre et 4 décembre, lesquels sont approuvés.

M. Emile FRANCILLON est proclamé membre effectif de la Société.

M. Hermann GOLL, industriel à Lausanne, est présenté par M. Sylvius Chavannes comme membre de la Société.

M. Ch. DE LA HARPE est présenté par M. Forel, professeur.

M. le président indique les ouvrages reçus.

M. le président annonce la mort de M. Alexis Forel, l'un des plus anciens membres de la Société. Il rappelle quelques-uns des travaux de M. A. Forel dans le domaine des sciences naturelles et principalement ses monographies de divers insectes.

M. Auguste FOREL ajoute quelques mots sur la collection très complète d'entomologie laissée par M. A. Forel.

Il est fait lecture d'une lettre de la Commission chargée de rechercher le moyen d'organiser à Lausanne une station météorologique dans de bonnes conditions. La Commission a de nouveau examiné la possibilité d'installer la station près de l'Asile des aveugles et elle espère que les observations pourront commencer dans peu de temps.

M. le Dr DU PLESSIS présente, au nom de M. Ch. DUFOUR, de beaux exemplaires d'une éponge silicieuse employée au Japon comme aigrette et décrite par M. Schültze, l'*Hallima Syboldi*.

M. L. DUFOUR, professeur, présente le resultat de ses observations siccimétriques pour la huitième année finissant le 30 novembre 1872. Il indique le grand excès de la chute d'eau qui caractérise cette huitième année, surtout pendant les derniers mois. Cet excès de chute dépasse de 155 milimètres la moyenne des années précédentes. (Voir aux mémoires).

M. L. DUFOUR présente à la Société diverses cartes météorologiques qui se publient aux Etats-Unis. Il présente aussi une superbe collection de planches qui accompagnent le mémoire de M. Belgrand, inspecteur général des ponts et chaussées, à Paris, sur le service hydraulique du bassin de la Seine. Ces cartes sont offertes par M. Dufour à la Bibliothèque de la Société.

M. CH. DUFOUR, professeur, informe les amateurs d'astronomie que, dans le moment actuel, le soleil est recouvert de taches plus abondantes que de coutume ; une, entre autres, peut être distinguée à l'œil nu tant elle est exceptionnellement grande.

M. F. FOREL, professeur, dit quelques mots sur la pression qui se développe à l'intérieur d'un syphon à eau de seltz dans lequel on fait fermenter du vin un peu sucré. Cette pression atteint $5 \frac{1}{2}$ à 6 atmosphères. L'on sait qu'en Champagne, la pression de rupture des bouteilles est de 14 à 15 atmosphères.

M. le Dr E. BUGNION « montre un exemplaire vivant de Protée (*Proteus anguinus*) qu'il fit venir d'Adelsberg, il y a 13 mois, dans une caraffe d'eau fermée par un morceau de tulle. C'était en novembre; les deux exemplaires que renfermait la bouteille ne souffrirent nullement du manque d'air. En été, ces animaux n'auraient pas supporté un voyage de 4 à 5 jours sans renouveler l'eau, parce que leur respiration devient plus active.

« A l'état sauvage, le Protée se nourrit de larves, petits crustacés, etc.; mais en captivité, il ne mange presque pas. Rusconi assure qu'il peut subsister deux ans sans aucune nourriture. L'exemplaire présenté a jeûné au moins pendant 6 mois et ne paraît pas se porter trop mal.

« Quoique la respiration se fasse essentiellement par les branchies, le Protée monte souvent à la surface et happe l'air en ouvrant largement la bouche.

» Quelquefois il fait entendre, au moment où il arrive à la surface, une sorte de coassement rappelant un peu celui de la grenouille, mais beaucoup plus faible. C'est le plus souvent la nuit que je l'ai entendu, quand tout était silencieux dans la chambre. Le Protée a un larynx rudimentaire, soit une glotte étroite entourée par un ruban musculaire. L'émission d'un son, si faible qu'il soit, suffit à prouver qu'il peut aspirer de l'air par ses poumons et le refouler; mais ces organes ne peuvent entretenir seuls la respiration, parce que leur réseau vasculaire est trop peu développé. On peut supposer, d'après les expériences de Schreibers, rapportées dans l'*Isis* (1820, p. 567), qu'en variant les conditions d'existence, on pourrait amener le Protée à subir certaines transformations comme les Axolotes. Schreibers, ayant forcé des Protées à rester au fond de l'eau pendant un temps assez long, vit leur branchies

acquérir un développement triple de celui qu'elles ont à l'ordinaire. Chez d'autres exemplaires qu'il avait au contraire forcé de se tenir près de la surface, les branchies s'atrophiaient et les poumons prirent un développement inaccoutumé.

» Notre individu présente une teinte violacée, plus foncée que la couleur normale qui est d'un rose pâle un peu translucide. Elle est encore augmentée en ce moment par l'agitation où se trouve l'animal et son exposition à la lumière. Cette pigmentation violette s'est produite de novembre en mai, le Protée ayant passé ce laps de temps dans un bocal mal protégé contre la lumière. Si on le tirait de l'eau, cette couleur foncée s'accentuerait davantage.

» Notre sujet présente encore une petite particularité : un coin de la lèvre comprenant une des narines, coupé il y a 7 mois pour l'étude histologique, s'est parfaitement cicatrisé et en partie reformé, si bien que c'est à peine si on remarque aujourd'hui une légère déformation. Ce détail a quelque intérêt parce que, suivant Rusconi, le Protée ne possède pas, comme le Triton, la faculté de repousser les membres coupés, tels que la queue, les pattes ou même les doigts. »

MM. RENEVIER, professeur, FOREL, professeur, du PLESSIS, docteur, FAUCONNET, docteur, donnent des explications et des renseignements sur les animaux analogues qui sont connus dans divers musées et dans diverses localités.

M. DUFOUR, professeur, montre deux pointes de paratonnerre, frappées par la foudre. L'une et l'autre ont éprouvé une fusion très marquée.

M. FOREL, professeur, décrit une tête de veau monstrueuse envoyée au musée cantonal par le préfet d'Yverdon. Ce veau est né à terme; les deux yeux sont réunis dans une seule orbite médiane donnant ainsi une fausse cyclopie; les os naseaux sont relevés et servent de point d'insertion d'une véritable trompe renversée à la partie supérieure et postérieure du front. Une seule ouverture, tapissée par une muqueuse, est percée à l'extrémité de cet organe si curieusement déplacé; elle donne accès dans une cavité sans communication avec la cavité buccale.

M. EUG. RENEVIER, professeur, entretient la Société de la grande Salamandre du Japon dont il a vu dernièrement un beau spécimen vivant au Musée de Milan. On la conserve dans une grande cuve pleine d'eau dont on est obligé de cadenasser le couvercle en treillis métallique. — M. Renevier parle aussi du magnifique squelette de *Megatherium* qui se trouve depuis l'année passée au Musée de Milan. Il n'y avait jusqu'alors, dans les Musées européens, que trois squelettes plus ou moins entiers de ce gigantesque édenté des Pampas de l'Amérique du Sud : un à Madrid, un à Londres et un à Turin. Celui de Milan fut acquis par souscription, pour le Musée, avec beaucoup d'autres pièces remarquables des mêmes dépôts quaternaires, tels que tête de *Scelidoterium* et de *Toxodon*; pièces de divers *Glyptodon*, etc.

Ce quatrième exemplaire de *Megatherium* est, paraît-il, beaucoup mieux conservé que les trois précités et même que celui du Musée de Buenos-Ayres; quant à la taille, il ne le cède qu'au squelette du Musée de Madrid, le plus grand connu.

SÉANCE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE

du 28 décembre 1872.

Présidence de M. FOREL, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

Lecture est faite de la partie administrative du procès-verbal de la séance précédente, qui est approuvée.

MM. Ch. DE LA HARPE et Hermann GOLL sont proclamés membres effectifs de la Société.

Sont présentés comme membres de la Société :

MM. Henri MANUEL, par M. le professeur F. Forel.

MULLER, docteur médecin à Romainmôtier, par
M. Bieler.

Emile GROS, médecin vétérinaire, à Bière.

On passe ensuite à la discussion du projet de règlement qui fait le sujet de cette séance spéciale. — Ce projet a été imprimé et envoyé à tous les membres de la Société avec la convocation.

Dès l'ouverture de la discussion, M. Jean MURET fait observer la distinction nécessaire entre des statuts et des règlements.

Les statuts doivent pouvoir, cas échéant, être présentés et soumis à l'approbation du Conseil d'Etat, selon ce qui sera décidé au sujet de la reconnaissance de la Société comme personne morale, avec les droits civils que comporte cette déclaration légale. Dès lors, ces statuts ne doivent contenir que les dispositions fondamentales indispensables, puisqu'à l'avenir il n'y pourrait être rien changé

sans une nouvelle approbation de l'autorité compétente. Le règlement, au contraire, n'est qu'une affaire d'organisation intérieure; la Société doit avoir toute la liberté d'action pour modifier son règlement selon les convenances de chaque année sans devoir recourir, pour chaque détail, à une nouvelle approbation de l'Etat; telles sont, par exemple, les dispositions relatives aux jours et heures des séances, aux mémoires à publier dans le bulletin, etc.

Par suite de cette observation et de la discussion générale à laquelle elle donne lieu, on décide de s'occuper en premier lieu de la convenance de demander à l'Etat sa reconnaissance de la Société comme personne morale.

Après une discussion prolongée, l'Assemblée décide, conformément au préavis du bureau :

1° Qu'il ne sera fait actuellement aucune démarche auprès de l'Etat pour obtenir la reconnaissance de la Société comme personne morale ayant les droits et capacités civiles attachés à ce titre; cela jusqu'à ce que la loi; qui doit être prochainement proposée au Grand Conseil sur les personnes morales en général, ait été adoptée, et que l'on connaisse clairement les conditions qu'elle imposera aux sociétés et institutions de cette nature.

2° Qu'en attendant, le projet actuel sera discuté et, s'il est adopté par l'assemblée, il servira de règlement pour la Société jusqu'à nouvel ordre.

3° Que lorsque la loi annoncée sur les personnes morales aura été faite par l'autorité législative, la Société pourra reprendre la question, en ce qui la concerne, et juger, en connaissance de cause, s'il y a lieu, pour elle, de demander à l'Etat d'être reconnue en cette qualité. Dans ce cas,

les articles fondamentaux et statutaires seraient extraits du règlement et présentés, avec la demande, à l'approbation de l'Etat.

Après cette décision préliminaire, on passe à l'examen et à la discussion du projet présenté jusqu'à l'article 26.

L'heure étant avancée, la séance est levée et la suite de la discussion renvoyée à une nouvelle assemblée générale qui sera convoquée aussi prochainement que possible.

SÉANCE DU 8 JANVIER 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, vice-président.

M. le secrétaire étant absent, la lecture du procès-verbal est renvoyée à la prochaine séance.

M. le président donne communication à la Société de la présentation de M. Louis PELET, instituteur à Lausanne, présenté par M. L^s Mayor, et de M. J. de MOLLINS, docteur en philosophie, présenté par M. le Dr Philippe De la Harpe.

M. CAUDERAY fait une communication sur la différence d'heure adoptée par les compagnies de chemins de fer entre Paris et Berne.

M. le Dr Phil. DE LA HARPE fait une communication sur la flore des parties inférieures des tourbières.

8 JANVIER 1873.

199

M. P. VUILLET annonce la formation, à Aubonne, d'une Société ayant pour but la création, dans cette ville, d'un Musée d'histoire naturelle et des beaux-arts.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE

du 18 janvier 1873.

Présidence de **M. FOREL**, président.

Secrétaire: **M. W. FRAISSE**.

Le procès-verbal de la séance générale du 28 décembre 1872 est lu et approuvé.

MM. Louis PELET, J. DE MOLLINS, Henri MANUEL, MULLER, docteur et **Emile GROS**, vétérinaire, sont proclamés membres effectifs de la Société.

M. William BARBEY, à Valleyres sous Rances, est présenté par **M. Forel** comme membre de la Société.

M. le président indique les livres reçus depuis la dernière séance.

On passe ensuite à la discussion du nouveau règlement, discussion qui n'a pu être achevée dans la séance du 28 décembre dernier.

Les articles 10, 11 et 26, qui avaient été renvoyés à une nouvelle étude, sont repris et adoptés dans la nouvelle forme proposée par la commission.

Les articles 29 à 31 sont adoptés avec de légers changements de rédaction.

Après une longue discussion, qui a donné lieu à plusieurs amendements proposés par divers membres de l'assemblée et ayant tous pour but de concilier autant que possible la généreuse intention de M. G. de Rumine, avec la possibilité pratique de l'institution d'un prix, on admet, en résumé, un chapitre IV du titre III, ainsi conçu :

Chapitre IV. — FONDS DE RUMINE.

Art. 39. Une somme de six cents francs est consacrée, chaque année, à la Bibliothèque sous le nom de *Fonds de Rumine*.

Le titre IV du projet est ensuite adopté avec un léger changement de simple rédaction.

La discussion des articles étant terminée, M. le président ouvre une discussion générale sur l'ensemble du projet tel qu'il vient d'être amendé et adopté en détail.

A la votation, le nouveau règlement est adopté à une grande majorité. Il prendra la date de ce jour.

L'assemblée passe ensuite aux nominations prévues par le nouveau règlement et indiquées à l'ordre du jour.

1^{er} tour de scrutin: Votants, 33 ; majorité, 17. — M. E. GUILLEMIN, ingénieur-chimiste, est nommé président pour l'année 1873.

2^e tour de scrutin : Votants, 33 ; majorité, 17. — Point de résultat.

3^e tour de scrutin : Votants, 32 ; majorité, 17. — M. S. CUÉNOUD, professeur, est nommé vice-président pour 1873.

4^e tour de scrutin : Votants, 22 ; majorité, 12. — MM.

LARGUIER, docteur ; FRAISSE, ingénieur, et BIELER, vétérinaire, sont nommés membres du Comité pour trois ans. — Un tirage au sort les désigne dans l'ordre suivant, quant à leur tour de sortie, selon les prescriptions du règlement :

M. Bieler, M. Fraisse et M. Larguier.

On nomme ensuite les trois commissaires-vérificateurs pour l'année 1873. Sont élus : MM. Jules Piccard, commissaire-général ; Charles Dufour, professeur, et Fréd. Burnier, colonel.

M. le président annonce que les trois règlements spéciaux prescrits par le nouveau règlement seront préparés par le Comité avant l'époque de l'Assemblée générale de juin.

Sur la proposition du Bureau, on décide d'ouvrir au nouveau Comité une compétence de mille francs pour faire face aux dépenses nécessaires à la réorganisation de la Société, jusqu'à une prochaine Assemblée générale.

ORDINAIRE DU 22 JANVIER 1873.

M. LEMIN, président.

M. FRAISSE.

Les propositions des deux dernières
sont approuvés.

M. William BARBEY, présenté dans la dernière séance, est proclamé membre effectif de la Société.

M. L. DUFOUR, professeur, « attire l'attention de la Société sur la baisse remarquable du baromètre qui s'est produite le 20 janvier courant. Il y a eu, dans l'après-midi, un minimum rare. A Lausanne, M. Dufour a noté 24^{mm},7 au-dessous de la pression moyenne; — à l'observatoire de Genève, on a observé, à 4 heures après-midi, 25^{mm} au-dessous de la moyenne; — à Berne, 24^{mm},9. — Il faut remonter au 26 décembre 1857, c'est-à-dire à 15 ans en arrière, pour trouver une baisse plus forte. Ce jour-là, à Genève, on eût 26^{mm},3 au-dessous de la moyenne.

Le 20 janvier, la baisse a été bien plus considérable encore sur les côtes occidentales de l'Europe que chez nous. On a eu 720^{mm} à Valencia, 724^{mm} à Londres, 732^{mm} à Brest, etc. — Cette perturbation si prononcée de la pression vient de s'accompagner de tempêtes violentes de SO. »

M. L. DUFOUR fait remarquer que, dans ces derniers jours, on a exagéré dans les journaux et dans le public le caractère exceptionnel de l'hiver que nous traversons. L'hiver de 1868-1869 a été, *au moins jusqu'à la date actuelle*, tout aussi doux. Décembre 1868, qui a été sensiblement plus doux que décembre 1872, est le mois de décembre le plus chaud qu'on ait observé à Genève depuis 1826. et à Paris depuis 1806. A Lausanne, durant tout ce mois, le thermomètre n'est jamais descendu au-dessous 0° et a été souvent entre 10 et 15°.

Le commencement de janvier 1869 a été aussi peu rigoureux que les jours que nous venons de traverser et

des froids très vifs sont arrivés seulement vers le 22 janvier. A cette époque, la végétation présentait des phénomènes de précocité plus prononcés encore que ceux de l'époque actuelle. Malgré cette comparaison et ces réserves, il demeure incontestable que l'hiver 1872-1873 apparaît, jusqu'ici, comme exceptionnellement doux. Beaucoup de bourgeons sont entr'ouverts, beaucoup de petites fleurs émaillent les prairies et il n'y a pas encore eu de gelée sérieuse.

M. L. DUFOUR montre à la Société une gelée formée d'une partie de paraffine et de trois parties d'huile de pétrole qui convient très bien pour oindre les surfaces métalliques polies exposées à l'air. Ces surfaces sont ainsi préservées de l'oxidation.

M. L. DUFOUR signale à la Société, en ajoutant quelques explications, un moyen facile de voir le phénomène connu sous le nom de *spectre du Brocken*. Lorsqu'un brouillard épais, comme il y en a tant eu ces dernières semaines, remplit l'atmosphère, il suffit de regarder dans le brouillard pendant la nuit en même temps qu'une lumière un peu vive est placée en arrière. L'ombre du spectateur apparaît alors dans le brouillard.

En éclairant avec la lampe à magnésium, M. Dufour a obtenu ce phénomène d'une façon très marquée.

M. RENEVIER, professeur, donne connaissance d'une circulaire de la *Société paléontologique suisse*, société en formation par l'initiative de MM. *Rutimeyer, Renevier et de Loriol*. Il propose que la Société vaudoise de sciences naturelles donne son adhésion à ce projet.

On renvoie la question, avec recommandation, au Comité, qui fera une proposition à la prochaine séance.

M. FOREL, professeur, présente un débris fossile de Rhinocéros trouvé dans la molasse, à Bretigny sur Morrens; c'est un maxillaire inférieur. Cette pièce intéressante sera remise au Musée cantonale pour la collection paléontologique.

M. Edouard PANCHAUD donne quelques détails sur les charbonnages des environs de Mons (Belgique) et présente un échantillon d'empreinte de fougère retirée d'un puits de 500 mètres de profondeur. Il donne à la Société le catalogue de la collection préhistorique du Musée de Bruxelles et donne quelques détails sur le système de classement qui y est adopté.

M. BIELER attire l'attention des ornithologistes sur l'énorme quantité de geais qui a été vue cette année dans certaines parties de notre pays.

M. GUILLEMIN, revenant sur la gelée indiquée par M. Dufour pour la préservation des surfaces métalliques exposées à l'humidité de l'air, dit que, pour les armes, il a reconnu que les meilleures huiles n'étaient jamais exemptes d'un principe un peu acide. Il corrige ces huiles en y mettant une légère quantité d'amoniaque, après quoi leur emploi pour préserver les armes réussit très bien.



Le prochain n° du *Bulletin* contiendra, outre les mémoires et la suite des procès-verbaux :

- 1) La liste des ouvrages reçus;
- 2) Les Règlements de la Société;
- 3) La table des matières du vol. XI.



UNE VISITE

aux

CARRIÈRES DE MARBRE DE CARRARE

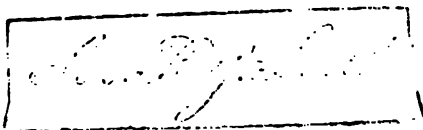
en avril 1872

par **J. de la Harpe** père.



Lorsqu'au printemps on regarde, de Livourne ou de Pise, du côté du nord-ouest ou de la Spezia, on voit devant soi et à sa droite, une chaîne de montagnes couvertes de grandes places de neige. Le relief escarpé de cette chaîne a plus d'un rapport avec celui de nos Alpes du bas Valais et du district d'Aigle.

Rentrant en Suisse, l'an passé, par Gênes, je voulus satisfaire une curiosité d'amateur en visitant les célèbres carrières de Carrare. Ces exploitations sont précisément situées sur le versant méridional de la chaîne au pied de laquelle est bâtie Carrare. J'avais souvent oui parler de son marbre statuaire, et j'avoue que l'idée que je me faisais de cette exploitation, était très différente de ce que je la trouvai en réalité.



Le bourg de Carrare, et les carrières qui le dominent, sont situés à l'entrée d'une gorge étroite, pénétrant obliquement dans les Apennins, se bifurquant bientôt et se dirigeant, en partie au nord-est, en partie à l'est. Le Double, petit torrent qui descend des hauteurs voisines, est entièrement appliqué à l'industrie marbrière. Un embranchement du chemin de fer de la côte ligurienne, parti de Massa, suit le torrent jusqu'au bourg de Carrare : il sera prochainement poussé dans la gorge, jusqu'au pied même des carrières, y prendra sur place les blocs et évitera la dépense considérable du transport sur roues.

En approchant de Massa par le chemin de fer venant de Pize, j'aperçus, sur la droite, des arêtes et des crêtes de montagne, ornées de grandes taches blanches, pareilles en tout point à celles que forme la neige sur nos Alpes, au mois de juin. Je les pris, d'autant plus aisément pour des champs de neige, que j'en avais vu, récemment de pareils depuis Livourne.

Nous étions aux premiers jours de mai et les Apennins de la chaîne centrale moins élevée que celle de Carrare, n'avaient perdu leur neige d'hiver que peu de jours auparavant.

Une altitude de 3 à 4000 pieds autorisait mon appréciation erronée. A cette hauteur et à cette époque, les sommets de notre Jura sont ordinairement recouverts de neige ; et je comparais volontiers notre Jura, aux montagnes de Carrare : l'orographie des deux chaînes permet de les rapprocher assez bien.

Ces grands espaces et ces traînées blanches n'étaient cependant point des amas de neige, mais uniquement des assises nues de marbre blanc. Leur blancheur était d'au-

tant plus éclatante qu'elle s'appuyait, sur le vert foncé des forêts voisines.

Les gens de la localité m'apprirent plus tard que les masses exploitées se montraient d'autant plus considérables et d'autant plus pures, que l'on s'élevait davantage dans l'intérieur de la chaîne et sur les arêtes. Elles ne dépassaient cependant pas à l'ouest le plus petit des deux torrents de Carrare, tandis que les bancs de la vallée orientale se montraient encore à une grande distance dans l'intérieur. Ceux-ci ne sont pas encore exploités.

Tandis que je contemplais la contrée je voyais descendre à mes pieds, d'énormes cubes et de grandes tables de marbre, trainés par des attelages de 6, 8 et 10 paires de grands bœufs blancs, en suivant des ornières énormes et sur des roues cyclopéennes.

Ces fragments de rochers avaient évidemment été détachés de couches régulières, parfaitement stratifiées. Le calcaire qui les formait avait été primitivement déposé horizontalement, sur un fond uni et dans une mer calme et profonde. Les assises d'où les masses de marbre avaient été séparées, avaient été coupées en travers à la pique.

Une paroi considérable de la montagne qui avait été soulevée et brisée par une mine énorme et récente, mettait du reste au jour l'inclinaison des couches sur une grande échelle et leur stratification régulière.

De ces couches les unes se montraient parfaitement pures et blanches, les autres semées de traces, de taches, de fissures rougeâtres, grises ou noires. La roche calcaire gris de l'Apennin apparaissait au pied de la montagne en bancs minces, stratifiés, mais très brisés.

Un autre fait me surprit encore, l'extrême ressem-

blance extérieure de la montagne avec nos Alpes de gypse à Bex. En substituant la chaux carbonatée cristallisée de Carrare, à nos anhydrites, la mutation n'y aurait guère paru, tant la disposition et la structure de la montagne, était semblable des deux parts.

Ainsi qu'à Bex le gypse et la corgneule se subordonnent au calcaire et passent à lui, en subissant une série de transformations et de dégradations. De même à Carrare, le marbre cristallin, depuis sa forme la plus pure, descend par degrés, jusqu'à celle du grès gris et jaune de l'Apennin, en se mélangeant et s'altérant. Je n'y ai pas vu l'analogue de la corgneule.

De l'analogie de structure n'est-il pas permis de conclure, à des causes analogues ou à un métamorphisme, différant seulement en ce que la roche calcaire qui, chez nous, passe au gypse, à la dolomie et à la corgneule, à Carrare s'est transformée en spath calcaire amorphe, anhydre aussi et saccharoïde.

Au lieu donc de faire du marbre statuaire de l'Apennin une roche primitive, sa structure et ses rapports nous y montrent une roche métamorphique ou plutonique.

L'étude sur place et l'examen des contacts avec les roches adjacentes, résoudraient sans difficulté la question. Hors d'état de me transporter sur les lieux mêmes de l'exploitation, je dus me contenter d'un examen à distance; mais l'analogie de structure, en tenant compte du très grand nombre de traces diverses de métamorphisme que renferme l'Apennin, ne permet pas de méconnaître l'action d'agents chimiques souterrains.

Pourquoi l'acide sulfurique anhydre fit-il à Bex ce que l'acide carbonique opéra dans l'Apennin?

Si l'eau eût ici une action quelconque, elle ne l'eût pas à l'état liquide; comment put-elle agir à l'état de vapeur? Un fait mérite encore de fixer l'attention. Le marbre de Carrare renferme çà et là de superbes cristaux de quartz hyalin de la plus grande limpidité. Les cristaux de quartz s'élèvent sur les parois de vacuoles ou de cavités anfractueuses, entièrement vides, ne renfermant ni boue, ni enduit, ni limon, ni autre substance étrangère. Le fond calcaire sur lequel s'élèvent les groupes de cristaux est parfaitement nu et pur. Comment ces cristaux de silice se formèrent-ils au sein de la chaux carbonatée? Si la silice se trouva dissoute dans l'eau hygroscopique de la roche, d'où vint cette eau? Comment y pénétra-t-elle le marbre sans laisser aucune trace de son passage?

La présence de veines gris-bleuâtres et de parties enfumées dans la roche ne pouvait s'expliquer sans un mélange d'alumine ou de particules de fer. Motif péremptoire pour recourir à une analyse tout au moins qualitative. Mon neveu, Jean de Molins, Dr en philosophie et alors préparateur au laboratoire de chimie du Polytechnicum, voulut bien s'en charger. Voici le résumé qu'il m'a communiqué de ses recherches:

Je lui avais remis trois échantillons de marbre que je désignerai par les nos 1, 2 et 3.

Le n° 1 appartient au marbre statuaire le plus pur et le plus recherché; très-dur, inaltérable à l'air, parfaitement sonore en bloc sous le choc du marteau, à cassure cristalline très-compacte, écailleuse, semi-transparent sur les arrêtes, en masse d'un blanc bleuâtre. Réduit en poudre ce marbre se dissout dans l'acide hydrochlorique

en laissant un très-faible résidu de silice (ou peut-être de silicate). Le volume du résidu est trop faible pour le doser. 1, 2558 grammes de poudre fine chauffée durant plusieurs heures, entre 200° et 300° ne perdirent rien de leur poids et ne contenaient donc pas d'eau de constitution.

N° 2. Marbre pareil au précédent à tous égards, sauf l'existence de nuages d'un gris-bleu, de places enfumées et de quelques fines veines noirâtres.

Ce marbre est encore trop pur pour y permettre le dosage de l'alumine, dont il doit contenir des traces. Comme le précédent il renferme aussi des traces de silice.

1,4768 grammes en poudre chauffée comme le précédent, perd 0,0003 de son poids ou 0,2 % d'eau, quantité très-faible pour une roche d'apparence poreuse.

N° 3. Marbre peu ou pas sonore en bloc, de couleur blanc de lait, tirant sur le jaune, cassure sacharoïde, roche assez friable, opaque, altérable à la longue par les agents atmosphériques, se polissant néanmoins très-bien. 0,888 grammes chauffés comme les précédents, perdent 0,0002 grammes en poids ou 0,022 % d'eau.

Notons en finissant quelques résultats encore. L'absence presque absolue d'eau de constitution et même d'imbibition.

Faut-il y voir un effet du métamorphisme? Ce marbre peut-il passer à l'état de chaux-vive par la calcination? L'anhydrite calcinée ne donne pas du plâtre, mais un sable rude et grenu.

L'absence d'eau de constitution est donc ici un effet du métamorphisme; car il n'est pas croyable qu'une roche

calcaire sédimentaire puisse exister nulle part sans eau, si elle n'en a pas été privée postérieurement à sa déposition.

Le gypse anhydre, roche métamorphique primitivement sédimentaire aussi, existe-t-il exempt d'eau ? Je soumets cette question à MM. les chimistes. La solution peut ici rencontrer des difficultés, parce que l'anhydrite subit aisément l'action des agents atmosphériques, et que pour l'obtenir pure il faudrait la chercher à des profondeurs considérables à l'état cristallin amorphe, comme on la rencontrait autrefois à Bex.

Des analyses comparatives faites dans le but de déterminer la quantité d'eau que renferme l'anhydrite, à divers degrés de son hydratation, sont encore à désirer.

Le métamorphisme, cause générale de destruction, d'altération étendues et incessamment actives, qui mit au jour le marbre blanc de Carrare, n'a point eu un pareil résultat, il en eut plutôt un opposé, en contribuant à la conservation des roches. La portion de l'Appénin contenant le marbre statuaire n'offre pas les érosions profondes, les traces d'usure, les attérissements, les éboulements si marqués partout dans l'Apennin. Il y a plus, nulle part les chaînes étrurique et ligurienne n'offrent un relief aussi escarpé, dentelé, déchiré comme à Carrare ; pour preuve que le métamorphisme qui a si fort désagrégué partout a plutôt ici contribué à conserver. L'observation inverse peut se déduire de l'étude de nos montagnes à gypse, car partout la présence de cette roche est devenue la source d'érosions, d'affaissements, de chutes de montagnes, d'éboulements considérables et d'excavations profondes, qui sont loin d'avoir terminé leur œuvre, dans les modifications lentes de la croûte terrestre.

Se pourrait-il qu'à Carrare le marbre statuaire se substituât, non pas au gypse de nos alpes, mais à leur corgneule ou à leur dolomie ? Il faudrait pour l'affirmer que le marbre statuaire ne fût qu'un premier degré de métamorphisme par l'acide carbonique, comme la corgneule peut être tenue pour un premier degré de transformation gypseuse. La dolomitisation serait plutôt alors dans nos alpes l'analogie de la marmorisation dans l'Apennin et ailleurs.



ÉTUDE

SUR LES

SEICHES DU LAC LÉMAN

par

F.-A. FOREL,

professeur à l'Académie de Lausanne.

Les riverains du lac Léman appellent *seiche* un phénomène accidentel consistant en un mouvement alternatif et répété d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau du lac.

Cette marée en petites proportions, dont le flux et le reflux n'emploient que quelques minutes pour leur révolution, tout en se répétant parfois plusieurs heures durant, a d'abord été observée et étudiée à Genève, puis sur les autres rives du Léman; on en a constaté l'existence sur les autres lacs de la Suisse, et il n'est pas impossible de lui rapporter certains mouvements ou ondulations de la mer (*Marubbia*, *Raz de marée*, etc.). Le phénomène est donc général et mérite d'être étudié avec soin.

Les seiches sont signalées pour la première fois en 1730 par Fatio de Duillier ⁽¹⁾ qui les attribuait à l'arrêt des eaux du Rhône sur le Banc du Travers près de Genève par des coups de vent du midi.

⁽¹⁾ Remarques sur l'histoire naturelle du lac de Genève dans l'Histoire de Genève par Spon. Genève 1730, II, p. 463.

Jallabert ⁽²⁾, en 1742, supposait que les seiches étaient causées à Genève par des crues subites de l'Arve, qui arrêtait l'écoulement du Rhône; à Villeneuve et au Bouveret, qui suivant lui étaient les seules localités du grand lac présentant des seiches, par l'afflux subit des eaux de fonte des glaciers ⁽³⁾.

Bertrand, dans une dissertation académique non imprimée ⁽⁴⁾, supposait que des nuées électriques pouvaient attirer et soulever les eaux du lac, et que les eaux retombant ensuite produisaient des ondulations dont l'effet était d'autant plus sensible que les bords du lac étaient plus resserrés.

H. B. de Saussure ⁽⁵⁾, après avoir admis cette dernière théorie, ajoute : « Je crois aussi que des variations promptes et locales dans la pesanteur de l'air peuvent contribuer à ce phénomène et produire des flux et reflux momentanés, en occasionnant des pressions inégales sur les différentes parties du lac. »

De 1802 à 1804 Vaucher voua son attention scientifique et son excellente méthode d'observation à l'étude des seiches. Il publia ses recherches dans un mémoire de 60 pages ^(5 bis), qui est ce que nous avons de mieux et de plus complet sur le phénomène qui nous occupe.

⁽²⁾ Histoire de l'Académie royale des sciences pour l'année 1742. Paris, p. 26.

⁽³⁾ Cette théorie avait déjà été émise par Addison. V. Hist. acad. royale des sc., loc. cit. p. 28.

⁽⁴⁾ Cité par Saussure et Vaucher.

⁽⁵⁾ Essai sur l'hist. nat. des environs de Genève. Voyages dans les Alpes. Neuchâtel 1779. I. 12.

^(5 bis) Vaucher. Mémoire sur les seiches du lac de Genève, composé de 1803 à 1804. Mém. de la soc. de Physique de Genève, t. VI, p. 35.

Après un court exposé historique, Vaucher nous donne successivement avec détail l'observation de dix seiches étudiées par lui du 30 novembre 1802 au 9 janvier 1803. Il se rendait au bord du lac et notait de minute en minute l'état stationnaire, l'élévation et l'abaissement du niveau des eaux. Voici un exemple de ses observations qui montrera le mode de procéder et donnera une idée de la marche du phénomène.

« Du 30 novembre 1802, aux Eaux-Vives de Genève (*).

| à 1 h. 26 minutes m. ⁷ 2 mm | à 1 h. 37 minutes m. 7 mm |
|--|---------------------------|
| » 27 » st. 0 | » 38 » m. 7 |
| » 28 » d. 3 | » 39 » m. 4 |
| » 29 » d. 3 | » 40 » m. 2 |
| » 30 » d. 7 | » 41 » m. 4 |
| » 31 » d. 2 | » 42 » m. 3 |
| » 32 » d. 3 | » 43 » m. 6 |
| » 33 » st. 0 | » 44 » m. 2 |
| » 34 » m. 3 | » 45 » d. 0 |
| » 35 » m. 6 | » 46 » st. 4 |
| » 36 » m. 4 | |

La figure 4 qui représente graphiquement une partie de l'observation II de Vaucher indique bien les allures du phénomène.

Il varia avec beaucoup de soin son mode d'observation

(*) Vaucher, loc. cit. p. 39.

(7) La lettre *m.* placée devant le chiffre indiquant la dénivellation en millimètres, signifie que le niveau de l'eau *montait*, la lettre *d* qu'il *descendait*, les lettres *st* qu'il était *stationnaire*, qu'il ne montait ni ne descendait. Nous avons, pour plus de commodité, traduit en valeurs métriques les mesures données en pied de roi par les naturalistes genevois.

et donna en particulier une grande attention à l'étude simultanée des mouvements de l'eau dans deux localités plus ou moins éloignées sur la même rive ou sur deux rives opposées du lac.

Il chercha ensuite les rapports qui existent entre la fréquence des seiches d'une part et la saison de l'année, ou l'état de l'atmosphère d'autre part. Il constata enfin l'existence des seiches sur les autres lacs suisses qu'il put visiter.

Voici les conclusions qu'il formule lui-même à la suite de ses observations ⁽⁸⁾:

« 1°. Il y a des seiches plus ou moins considérables dans tous les lacs ; ceux dans lesquels on n'en a pas encore aperçu, n'ont pas été suffisamment examinés.

» 2° Ces seiches peuvent avoir lieu dans toutes les saisons de l'année et indifféremment à toutes les heures du jour ; mais elles sont en général plus fréquentes au printemps et en automne.

» 3° Rien ne paraît influencer davantage sur ce phénomène que l'état de l'atmosphère ; en sorte que plus cet état est constant, moins il y a de seiches, plus il est variable, plus il y en a. C'est ce que prouvent toutes mes observations qui n'ont donné qu'un faible mouvement ou un mouvement nul toutes les fois que le vent du nord soufflait, que le temps était beau, qu'il régnait des brouillards étendus, et que la pluie ou la neige était générale ; tandis que la seiche a toujours été considérable quand l'atmosphère était remplie de nuages pluvieux ou que le temps d'ailleurs assez serein se préparait à l'orage et que le baromètre baissait.

(8) Vaucher, loc. cit. p. 75.

» 4°. Toutes choses d'ailleurs égales, les seiches sont d'autant plus considérables sur le lac de Genève que l'on s'approche de la sortie du Rhône; leur maximum est à cette même sortie, et elles diminuent depuis ce point jusqu'au confluent du Rhône avec l'Arve, où elles sont à peu près nulles. Il en est de même en avançant de l'autre côté du lac jusqu'à Coppet, où elles ne sont plus que d'un ou deux pouces, et à Rolle, où elles sont moindre, sans cependant devenir jamais nulles.

» 5°. L'extrémité orientale du lac de Genève n'a pas des seiches plus sensibles que celles des autres lacs, quoique l'opinion contraire semble établie dans les ouvrages de De Saussure.

» 6°. Quoique les seiches soient plus fréquentes au printemps et en automne que dans les autres saisons, cependant elles sont plus considérables en été, et surtout à la fin de cette saison. Les plus grandes qui aient été observées ont toujours eu lieu dans les mois de juillet et d'août ou au commencement de septembre.

» 7°. Le minimum des seiches n'a pas de terme, mais leur maximum ne va pas au delà de cinq pieds.

» 8°. Enfin, quoique la durée de la seiche soit très variable, ses limites en plus ne sont guère au delà de 20 à 25 minutes et restent fort souvent en deçà, tandis que ses limites en moins sont zéro. »

Dans la seconde partie de son mémoire, Vaucher recherche quelle est la cause des seiches, et après avoir critiqué les théories de ses prédécesseurs il expose l'explication qui, jusqu'à aujourd'hui est restée généralement admise. Il cherche la cause du mouvement d'oscillation des seiches dans les variations de la pression atmosphérique; après avoir reconnu que les seiches coïncident

généralement avec de grands mouvements barométriques, il considère deux régions distinctes du lac. Il suppose que dans l'un la pression barométrique diminue, dans l'autre elle reste constante ou elle s'élève; ces deux régions sont alors inégalement chargées par l'atmosphère, et le niveau de l'eau doit tendre à s'élever dans la région où la pression barométrique a baissé, doit s'abaisser dans la région où la pression est la plus forte. Si cette rupture d'équilibre s'est faite un peu subitement, il doit en résulter un mouvement de balancement, et le retour au repos ne s'effectuera qu'après un certain nombre d'oscillations alternatives de plus en plus faibles.

« Il faut considérer, » dit-il, « les eaux des lacs comme formant un syphon à une infinité de branches, dont l'une quelconque communique à toutes les autres; que cette branche centrale correspondant à toutes les autres, soit, pour le moment, chargée de la colonne d'air dont le poids doit varier, si cette colonne admet une augmentation de poids ou de tension qui corresponde à une ligne de mercure et par conséquent à 14 lignes d'eau, l'eau subjacente tendra à baisser de 14 lignes, et cette quantité dont elle s'abaissera dans la branche correspondante du syphon, sera la même dont elle s'élèvera dans les autres branches, qui n'auront pas changé de poids puis qu'il faut que l'équilibre subsiste^(*). » Puis, l'équilibre tendant à se rétablir, les oscillations successives des seiches se succèdent en diminuant d'intensité.

C'est du reste ce que Saussure avait déjà admirablement formulé dans les trois lignes que nous avons citées plus haut.

(*) Vaucher, loc. cit. p. 82.

Cette théorie, à laquelle nous n'hésitons pas à nous ranger, a été généralement admise. Je citerai entr'autres auteurs qui l'ont acceptée, Studer ⁽¹⁰⁾, Meyer ⁽¹¹⁾ et Favre ⁽¹²⁾.

Une très belle observation de seiche est celle que M. Venié, directeur de la machine hydraulique de Genève, a fait les 2 et 3 octobre 1841. M. Oltramare en a donné les chiffres dans la séance du 18 octobre de la même année, à l'Académie des sciences de Paris ⁽¹³⁾. Cette seiche est la plus grande qui nous soit connue sur le lac Léman.

A. Yersin a publié en 1865 une courte note ⁽¹⁴⁾ sur les observations de seiches entreprises à Morges. Nous aurons à revenir bientôt sur cette série.

Citons enfin la remarque suivante tirée des procès-verbaux de notre société ⁽¹⁵⁾: « M. Guillemin parle d'une seiche de 0^m60 qui s'est manifestée à Genève le 17 août 1818, et il rapproche ce fait du tremblement de terre qui a eu lieu la veille au Pérou, en supposant que la seiche de notre lac aurait eu pour cause une oscillation du sol. » Cette observation mérite d'être notée. Il est vrai que le 17 août 1868 le baromètre était fort bas, et que dans ce cas l'explication habituelle des seiches pourrait être encore valable; mais il est incontestable que de même qu'une secousse imprimée à un vase plein d'eau détermine des vagues de balancement dans l'eau de ce

(10) Lehrbuch der phys. Geographie, V, 78.

(11) Physik der Schweiz. Leipsig, 1854, p. 353.

(12) Recherches géologiques, etc. Paris 1867. I. 12.

(13) Comptes-rendus de l'Acad. de sc. de Paris. XIII. 829.

(14) Bull. soc. vaud. sc. nat. IV. 411.

(15) Ibid. X. 178.

vase, de même aussi une secousse de la terre doit déterminer des vagues de balancement dans les mers et lacs de notre globe. Et dans le fait, les *raz de marée* de l'Océan coïncident généralement à des secousses de tremblement de terre. Je n'ai pas encore assez d'observations positives pour appuyer cette hypothèse, mais j'estime qu'il y aurait lieu de donner une grande attention à la coïncidence des très fortes seiches avec les secousses de tremblements de terre.

Voilà en résumé ce que j'ai su trouver dans la littérature scientifique sur ce phénomène, car je n'entreprendrai pas la discussion de deux mémoires inspirés par ce sujet, l'un à un Anglais qui n'a pas signé l'écrit intitulé : *On the phenomenon called the Seiche, observed on the lake of Geneva* ⁽¹⁶⁾, l'autre à un ingénieur français, célèbre dans notre pays par ses hypothèses de haute fantaisie sur les lacs souterrains de la Savoie, M. O. Vallée ⁽¹⁷⁾. M. J. de la Harpe a déjà suffisamment réfuté ce dernier ⁽¹⁸⁾.

A côté des observations de Vaucher, faites à Genève et dans les environs, j'ai entre les mains deux autres séries d'observations que je puis leur comparer.

Ce sont d'abord des observations faites simultanément, à Morges par MM. Burnier, Ch. Dufour et Yersin, à Genève par M. Bruderer, astronome, à Yvon par M. J. Veret, à Lausanne par M. Gay et à Vevey par M. Schnetzler. A l'appel d'une dépêche télégraphique, lancée de Morges dans les autres stations pour avertir de l'existence d'une seiche, les divers observateurs suivaient de

⁽¹⁶⁾ Lausanne, S. Delisle, 1838.

⁽¹⁷⁾ Du Rhône et du Lac de Genève. Paris 1843, p. 31, sqq.

⁽¹⁸⁾ Bull. soc. vaud. sc. nat. VI. 9.

quart d'heure en quart d'heure les variations du baromètre et du limnimètre. M. Ch. Dufour a bien voulu me communiquer les observations faites d'après cette méthode pour les seiches du 1^{er} avril, du 4 mai, du 16 novembre, du 3 décembre ⁽¹⁹⁾ 1854, du 3 février, du 31 mai 1855 et du 12 avril 1856. Ces observations sont surtout importantes au point de vue des variations de baromètre; mais comme dans l'étude qui va suivre j'ai complètement laissé de côté cette face de la question, je n'utiliserai dans cette série que les observations limnimétriques, malheureusement en trop petit nombre et ne provenant que des stations de Genève et de Morges.

J'ai moi-même étudié les seiches, à Morges, en 1869 et 1870, dans les conditions suivantes :

Le port de Morges, entièrement fermé par deux jetées qui s'avancent dans le lac, présente actuellement deux ouvertures : l'une de 30 mètres, servant au passage des bateaux, est difficilement abordable pour l'observateur; l'autre ouverture, de 2 mètres de large, percée dans la jetée du nord, en 1854, pour le renouvellement de l'eau du port, est située au bord d'un quai, et peut être facilement surveillée. Or, chaque fois qu'il se produit une différence quelconque dans le niveau de l'eau, à l'intérieur ou à l'extérieur du port, chaque fois que l'eau du lac s'élève ou s'abaisse, l'eau contenue dans le port tendant à regagner le niveau du lac, il se développe, à ces deux ouvertures, un courant plus ou moins violent, d'entrée alors que

(19) La seiche du 3 déc. 1854 a déjà été publiée par Yersin dans notre bulletin (IV. 412) et figurée graphiquement, mais à une autre échelle que celle que j'ai donnée dans ma figure 6. J'ai cru devoir la reproduire pour en permettre la comparaison avec les autres seiches que j'ai dessinées.

le niveau du lac s'élève, de sorte alors qu'il s'abaisse.

Ce courant est facilement observable à la petite ouverture de la jetée du nord et devient très visible toutes les fois qu'une seiche vient modifier le niveau des eaux. On verra plus bas quel parti j'ai pu tirer de ces circonstances favorables, d'une part en constatant la fréquence des seiches, d'autre part en mesurant d'une manière précise leur durée.

Or, de la comparaison des observations de Genève avec celles qui ont été faites à Morges, il ressort une telle différence entre la marche du phénomène dans ces deux stations, que j'ai dû, pour assimiler les seiches de Morges à celles de Genève, étudier leur mécanisme un peu plus en détail que cela n'a été fait jusqu'à présent. C'est ce travail que je vais exposer dans les pages suivantes. Les conclusions auxquelles j'arriverai, devant prouver que le phénomène n'a pas encore été suffisamment étudié et que de nouvelles recherches sont nécessaires, je ne donne ici ces observations qu'à titre de matériaux qui pourront être utilisés pour des travaux subséquents.

Je diviserai cette étude en cinq paragraphes :

Le premier traitera des seiches du lac Léman, étudiées comparativement à Genève et à Morges.

Le second décrira un mouvement oscillatoire de Peau, analogue aux seiches, observé dans le port de Morges.

Un troisième paragraphe étudiera le mouvement d'oscillation des seiches.

Dans un quatrième, je chercherai expérimentalement les lois de l'oscillation de balancement.

Enfin, je chercherai à conclure dans un cinquième et dernier paragraphe.

I

Les seiches du lac Léman à Genève et à Morges.

Le phénomène des seiches consistant en un flux et un reflux, en des mouvements alternatifs d'élévation et d'abaissement du niveau de l'eau, nous aurons à le considérer sous trois points de vue :

1° L'amplitude de l'oscillation.

2° Sa durée.

3° Ses allures.

1. *Amplitude des oscillations* ou différence de hauteur entre le maximum et le minimum du niveau de l'eau dans les divers temps de l'oscillation.

a) Cette amplitude est variable dans une même seiche pour les diverses oscillations.

C'est ce que prouvent les figures 1 à 8, représentant graphiquement quelques seiches du lac Léman.

C'est ce que prouve le résumé suivant de la III^{me} observation de Vaucher.

Du 4 décembre 1802, à 1 heure du soir, aux Eaux-Vives, à Genève.

| | Ascension. | Descente. | | Ascension. | Descente. |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
| | ^{mm} | ^{mm} | | ^{mm} | ^{mm} |
| 1 ^{re} vague | 41 | 2 | 4 ^e vague | 9 | 49 |
| 2 ^e » | 11 | 27 | 5 ^e » | — | 18 |
| 3 ^e » | 31 | 85 | | | |

C'est ce que prouve encore le résumé d'une seiche observée par A. Yersin.

Du 3 décembre 1854, à 10 heures du matin, dans le port de Morges.

| | Ascension. | Descente. | | Ascension. | Descente. |
|-----------------------|------------|-----------|----------------------|------------|-----------|
| | mm | mm | | mm | mm |
| 1 ^{re} vague | 21 | 39 | 4 ^e vague | 21 | 21 |
| 2 ^e » | 26 | 12 | 5 ^e » | 61 | 61 |
| 3 ^e » | 33 | 48 | 6 ^e » | 33 | 15 |

b) L'amplitude des oscillations est variable dans une même localité pour les différentes seiches.

Des dix observations de Vaucher, je prends le maximum d'amplitude pour la montée et la descente et j'obtiens, aux Eaux-Vives, à Genève, les chiffres suivants :

| | Ascension | Descente | | Ascension | Descente |
|------------------------|-----------|----------|-------------------------|-----------|----------|
| | mm | mm | | mm | mm |
| I ^e observ. | 49 | 21 | VI ^e observ. | 52 | 65 |
| II ^e » | 150 | 97 | VII ^e » | 68 | 36 |
| III ^e » | 41 | 86 | VIII ^e » | 117 | 49 |
| IV ^e » | 137 | 133 | IX ^e » | 45 | 38 |
| V ^e » | 45 | — | X ^e » | 20 | 43 |

Or, Vaucher n'indiquait que les seiches d'une certaine importance : toutes les fois que l'amplitude n'atteignait pas 4 à 5 centimètres, il ne prenait pas la peine de les noter.

D'une autre part, l'histoire nous conserve le souvenir de seiches bien plus considérables observées à Genève.

Saussure a mesuré, le 3 août 1763⁽²⁰⁾, une seiche dont la plus forte amplitude a été de 1^m481.

Fatio de Duillier cite la seiche du 16 septembre 1600⁽²¹⁾ comme ayant atteint 1^m624.

(²⁰) Loc. cit. p. 13.

(²¹) Loc. cit. p. 463.

M. Venié, enfin, a observé, les 2 et 3 octobre 1844, la plus forte seiche dont l'histoire fasse mention ⁽²²⁾. Le 2 octobre au soir, les oscillations furent telles qu'elles dépassèrent les limites de l'échelle limnimétrique et ne purent être mesurées avec fruit. Le 3 octobre, à 4 heures du matin, nouvelles seiches trop fortes pour être mesurées ; à 5 heures, l'amplitude de l'oscillation rentre dans les limites de l'échelle et permet les observations suivantes au limnimètre du Grand-Quai, à Genève :

A 6 heures 30, le lac s'élève, en 5 minutes, à 1^m218 au-dessus du niveau moyen de la journée. Il baisse lentement, et, à 9^h 5, il est à 0^m920 au-dessus de ce même niveau. De 6 à 10^h du matin, le niveau présente 5 maximums et 5 minimums, diminuant graduellement d'importance.

Dans cette seiche mémorable, l'amplitude mesurée a donc atteint 2^m14, et les oscillations qui n'ont pu être évaluées ont dépassé ce chiffre.

L'amplitude des seiches, à Genève, oscillerait donc entre 0 et 2^m15.

c) L'amplitude des seiches varie suivant les localités et les points de la rive où on les observe.

Vaucher avait déjà indiqué la différence d'amplitude des mêmes seiches aux Eaux-Vives de Genève, et à Genthod, (à une lieue environ de l'extrémité du lac) ; dans la première station, les seiches avaient une amplitude quadruple de celles de Genthod.

Si l'on compare l'amplitude des seiches, à Genève et dans le grand lac, la démonstration sera plus évidente encore.

⁽²²⁾ Description d'Oltramaré dans Comptes-rendus de l'Acad. des sc. de Paris. XIII. 829.

Nous venons de voir qu'à Genève les seiches peuvent atteindre une amplitude de 1 à 2 mètres. A Morges, nous ne connaissons rien de pareil. Sans aller aussi loin que Vaucher, qui limitait à quelques lignes la hauteur des oscillations à Vevey, il est pour nous un fait certain, c'est que, dans le grand lac, les seiches sont beaucoup plus faibles qu'à Genève.

Notre figure 6 donne le tracé des seiches du 16 novembre 1854, observées simultanément à Morges et à Genève. Le limnimètre du Grand-Quai, à Genève, indiquait une amplitude de seiches allant jusqu'à 145^{mm} ; pendant ce temps, la seiche, à Morges, n'atteignait pas 60^{mm} ⁽²³⁾.

Sans pouvoir l'appuyer sur des observations directes, mais en nous fondant sur l'expérience de toutes les personnes qui, à Morges, étudient le lac, nous pouvons évaluer de 1 à 3 centimètres les seiches moyennes, et à 10 centimètres les fortes seiches.

J'en ai cependant observé une, le 10 septembre ⁽²⁴⁾ 1869, à 7 heures du soir, qui m'a offert, dans le port de Morges, une amplitude de 26 centimètres ; mais cette observation est tout à fait exceptionnelle.

D'après une communication de M. Ch. Dufour, les seiches

⁽²³⁾ Au sujet de cette observation nous devons réserver à une discussion ultérieure la question de savoir si c'était la même seiche qui était sensible à Morges et à Genève ; si les oscillations du niveau de l'eau dans les deux localités étaient dues à la même cause, à la même impulsion.

⁽²⁴⁾ Un point à noter, qui a déjà été signalé par Vaucher, c'est que les plus fortes seiches connues ont été observées dans les mois de juillet à octobre. Ainsi le 16 septembre 1600 (Fatio de Duillier), le 3 août 1763 (Saussure), le 26 juillet 1810, le 11 juillet 1831, les 2 et 3 octobre 1841 (Ultramaré et Venié), le 17 août 1868 (Guillamin), le 10 septembre 1869 (Forel), le 8 octobre 1873 (Ch. Dufour).

15 SÉP.

SEICHES DU LAC LÉMAN.

BULL. 227

sont à Villeneuve, contrairement à l'avis de Vaucher et conformément à celui de Saussure, plus faibles qu'à Genève, mais plus fortes qu'à Morges. M. Dufour en a observé une, à Villeneuve, qui mesurait 30 centimètres d'amplitude.

En résumé, pour ce qui concerne l'amplitude des oscillations des seiches, nous voyons qu'elle varie :

1^o Dans une même seiche et dans une même localité pour les différents temps de l'oscillation.

2^o Dans une même localité, pour les différentes seiches.

3^o Dans un même lac, pour les différentes localités.

II. *Durée de la vague.* Il a de même inégalité dans la durée de la vague.

a) La durée des différents temps de l'oscillation n'est pas égale pour une même seiche dans une même localité.

Je le prouverai en citant quelques-unes de mes observations de seiches faites à Morges par le procédé ci-dessus indiqué.

OBS. I. *Du 7 mai 1869, à 9 heures du matin.*

| Heure du commencement du mouvement | | Durée en secondes du mouvement | |
|------------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| d'ascension. | de descente. | d'ascension. | de descente. |
| — | 9 h. 26',10" | — | 135 |
| 9 h. 28',25" | » 30,00 | 95 | 120 |
| » 32,00 | » 34,00 | 120 | 135 |
| » 36,15 | » 38,30 | 135 | 140 |
| » 40,50 | » 43, 5 | 135 | 115 |
| » 45,00 | » 46,20 | 80 | 100 |
| » 48,00 | » 49,45 | 105 | 135 |
| » 52,00 | » 54,30 | 150 | 165 |
| » 57,15 | » 59,50 | 155 | — |

OBS. II. *Du 19 mai 1870, à 9 heures du matin.*

| Heure du commencement du mouvement | | Durée en secondes du mouvement | |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------|
| d'ascension. | de descente. | d'ascension. | de descente. |
| 9 h. 25', 6" | 9 h. 26', 50" | 104 | 170 |
| » 29, 40 | » 31, 5 | 85 | 185 |
| » 34, 10 | » 35, 40 | 90 | 270 |
| » 40, 10 | » 41, 45 | 95 | 235 |
| » 45, 40 | » 47, 15 | 95 | 125 |
| » 49, 20 | » 51, 6 | 106 | 154 |
| » 53, 40 | — | — | — |

Dans l'observation I les durées extrêmes ont été en secondes :

pour l'ascension maximum 155 minimum 80
pour la descente » 165 » 115

Dans la seconde observation :

pour l'ascension maximum 110 minimum 90
pour la descente » 270 » 125

Il n'y a donc pas isochronisme dans les temps d'oscillation d'une même seiche.

b. Il n'y a pas non plus égalité dans la durée moyenne des oscillations des diverses seiches observées dans la même localité.

Je résume dans le tableau suivant la durée moyenne de l'oscillation entière de quelques seiches observées à Morges, indiquant en secondes la durée de l'oscillation totale, c'est-à-dire du temps employé pour que l'eau recommence à s'élever, après s'être élevée et abaissée.

| N° | Date. | Maximum. | Minimum. | Moyenne. |
|------|------------|----------|----------|----------|
| I | 7 Mai 1869 | 300 | 180 | 254 |
| II | 19 » » | 240 | 200 | 210 |
| III | 21 » » | 405 | 280 | 331 |
| IV | — » » | 350 | 280 | 315 |
| V | — » » | 230 | 205 | 216 |
| VI | 28 » » | 330 | 210 | 244 |
| VII | — » » | 275 | 195 | 225 |
| VIII | 10 Sept. » | 400 | 260 | 327 |
| IX | 2 Oct. » | 255 | 180 | 206 |
| X | 29 Nov. » | — | — | 310 |
| XI | 9 Mai 1870 | 365 | 220 | 288 |
| XII | 11 » » | 415 | 160 | 247 |

D'après ces douze observations la durée extrême des oscillations varierait entre 160 et 415 secondes, les moyennes entre 206 et 331 secondes, et la moyenne générale de ces différents chiffres serait de 264 secondes.

J'en conclus que dans une même localité la durée des seiches varie d'un jour à l'autre.

Jallabert ⁽²⁵⁾ avait déjà remarqué cette différence de durée entre les seiches ; il croyait avoir reconnu que plus la seiche était forte, plus elle employait de temps à accomplir ses oscillations. Il fixait de 14 à 15 minutes la durée d'une seiche à Genève haute de 7 à 8 pouces (19 à 21 centimètres) et de 24 à 26 minutes la durée d'une seiche dont l'amplitude atteignait un pied (32 centimètres). Je ne puis pas confirmer par les observations que j'ai entre les mains ce rapport entre l'amplitude et la durée des seiches.

(25) Loc. cit. p. 27.

c) La durée des seiches diffère aussi notablement d'une localité à l'autre. Elle n'est pas la même à Morges qu'à Genève, et dans cette dernière localité elle est sensiblement plus forte qu'à Morges.

Je viens d'établir qu'à Morges la moyenne de la durée d'une oscillation de seiche est de 264 secondes. Pour les seiches de Genève je tire des observations faites par Vaucher aux Eaux-Vives les chiffres suivants exprimant en minutes la durée des différentes vagues :

| N ^o | Ascension. | Descente. | Vague entière. |
|----------------|------------|-----------|----------------|
| I | — | 6 | — |
| — | 11 | 6 | 17 |
| II | 18 | 13 | 29 |
| III | — | 21 | — |
| — | 9 | 11 | 30 |
| IV | — | 5 | — |
| — | 22 | (16) | 27 |
| VI | 4 | 18 | 22 |
| — | 24 | — | 42 |
| IX | — | 14 | — |
| — | 13 | — | 27 |
| X | 12 | 6 | 18 |

D'où je puis tirer la moyenne de $26 \frac{1}{2}$ minutes, soit 1590 secondes ⁽³⁶⁾.

⁽³⁶⁾ La seiche de Genève du 16 novembre 1854 (v. fig. 6) me donne les résultats suivants exprimés en minutes.

| | Ascension. | Descente. | Vague entière. |
|-----------------------|------------|-----------|----------------|
| 1 ^{re} vague | 16 | 15 | 31 |
| 2 ^e „ | 10 | 26 | 36 |
| 3 ^e „ | 20 | — | — |

Résultat très analogue à ceux de Vaucher.

19 SÉP.

SEICHES DU LAC LÉMAN.

BULL. 231

Il est vrai que l'observation n° VIII de Vaucher me donne des chiffres beaucoup plus faibles.

| EAUX VIVES. | | | BAINS LULLIN. | | |
|-------------|-----------|----------------|---------------|-----------|----------------|
| Ascension. | Descente. | Vague entière. | Ascension. | Descente. | Vague entière. |
| 9 | 7 | 16 | 2 | 5 | 7 |
| 12 | 4 | 16 | 6 | 2 | 8 |
| 2 | 4 | 6 | 2 | 1 | 3 |
| 2 | — | — | 5 | 2 | 7 |
| | | | 4 | 2 | 6 |
| | | | 3 | 1 | 4 |
| | | | 4 | 3 | 7 |

D'où je tire la moyenne pour la vague entière de 8 minutes ou 480 secondes. Si j'utilisais cette observation pour obtenir la moyenne de durée des seiches à Genève, cette moyenne serait sensiblement abaissée. Mais je préfère réserver cette observation pour une discussion ultérieure, et m'en tenir au chiffre précédemment obtenu de 1500 secondes pour la durée moyenne des seiches à Genève.

Ce chiffre diffère notablement de celui que j'ai obtenu pour la durée des seiches de Morges et est bien plus élevé ; ce que je formule en disant que :

La durée de l'oscillation varie d'une localité à l'autre et est sensiblement plus élevée à Genève qu'à Morges.

III. Quant aux *allures* des seiches voici ce que j'ai à remarquer :

1° D'après les observations de Vaucher l'ascension et la descente de l'eau se font d'une manière assez irrégulière, tantôt plus rapidement, tantôt moins rapidement,

fréquemment interrompues par un temps d'arrêt et même un léger mouvement en sens inverse.

J'ai constaté le même fait à Morges, où les courants d'entrée et de sortie du port présentent souvent de nombreuses irrégularités.

2° J'ai cherché à constater si les mouvements d'ascension et de descente avaient lieu plus rapidement l'un que l'autre.

M. Oltramare, en rendant compte de la seiche de M. Venié du 3 octobre 1841 ⁽²⁷⁾, remarque que le mouvement d'ascension est infiniment plus rapide que celui de descente ; dans la seconde vague de cette seiche l'élévation a eu lieu en 5 minutes, la descente a duré plus de deux heures.

Pour vérifier ce fait j'ai comparé dans mes observations de Morges la durée moyenne pour chaque seiche des mouvements d'ascension et de descente. J'ai trouvé que sur douze seiches observées, dans huit cas la durée de l'ascension était moindre que celle de la descente, dans un cas les durées étaient égales, dans trois cas la durée de l'ascension était plus forte que celle de la descente. La moyenne de la durée de l'ascension dans ces douze observations est de 117 secondes, celle de la descente de 147.

Il semblerait donc d'après ces quelques observations qu'il y a une tendance à présenter un mouvement d'ascension plus rapide que le mouvement de descente.

Les tracés graphiques (figures 1-8) ne nous montrent rien de précis à cet égard.

3° J'ai cherché s'il y avait dans le mouvement des

(²⁷) Comptes-rendus de l'Acad. des sc. de Paris, XIII. 829.

seiches tendance à l'accélération ou à la diminution de vitesse du mouvement, du commencement à la fin. Je n'ai rien pu obtenir de constant, observant tantôt une accélération, tantôt un ralentissement, le plus souvent de simples irrégularités.

4° J'ai cherché si je pouvais constater une tendance à l'augmentation ou à la diminution de l'amplitude du mouvement du commencement à la fin, ou s'il y aurait peut-être au milieu de la seiche tendance à la formation d'un maximum d'amplitude.

D'après la théorie de Vaucher, il devrait y avoir décroissance dans l'amplitude des oscillations, la première étant la plus forte, les dernières devenant insensibles. Je dois reconnaître que, dans les observations qui sont entre mes mains, je ne puis citer, comme satisfaisant à cette loi, que les suivantes :

La III^{me} observation de Vaucher (fig. 1).

L'observation de Venié, du 2 octobre 1841.

La seiche observée, à Genève, par M. Bruderer, le 16 novembre 1854 (fig. 6).

Pour les autres, l'observation n'embrasse pas un assez grand nombre d'oscillations, ou a montré trop d'irrégularités dans les courbes, pour qu'il soit possible d'en tirer quelque chose de précis à ce point de vue.

5° J'ai cherché à constater, à Morges, si, pendant les seiches, on pouvait observer un mouvement de déplacement dans l'eau du lac, mouvement de transport dans la direction du rivage pendant l'ascension de l'eau, de transport du rivage en plein lac pendant la descente. Ce mouvement doit avoir lieu, mais il est inappréciable à l'œil, et je crois pouvoir affirmer qu'en tous les cas, dans une seiche ordinaire, à Morges (de 5 à 10 centimètres d'am-

plitude), sa valeur ne dépasse pas 30 centimètres pendant toute la durée de la vague.

6° J'ai cherché si, pendant les seiches, l'on pouvait, par un temps très calme, constater à la surface un mouvement d'ondulation progressive ; si l'on pouvait apercevoir des lames gigantesques qui, venant frapper le rivage, produiraient le mouvement de flux et de reflux. Malgré l'attention que j'ai mise à cette recherche, en observant la déformation qui, dans ce cas, aurait dû être sensible dans les images reflétées par le miroir des eaux, je n'ai jamais rien constaté qui pût être rapporté à cette cause ; et je crois pouvoir affirmer que, si les seiches sont occasionnées par des vagues d'oscillation progressive, la largeur de ces vagues serait, en tous les cas, supérieure à 50 ou 100 mètres.

J'aurai, plus tard, à utiliser ces deux dernières observations négatives, et les deux maximum et minimum que je donne.

7° Pour donner, enfin, une idée de la fréquence des seiches, je dirai que j'en ai observé, dans le mois de mai 1870, les 7, 8, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 27 et 31, soit 13 jours sur 31 ; n'étant pas toujours sur le lieu de l'observation, bien des seiches ont pu m'échapper dans les jours où je n'en ai point notées ⁽²⁸⁾.

(28) Il faut bien remarquer ici que d'après tous les observations le maximum de fréquence des seiches a lieu au printemps et en automne.

II.

Petites seiches du port de Morges.

Dans l'hiver de 1869 à 1870, les eaux du lac Léman ont été exceptionnellement basses, le fond du port de Morges a été mis à sec sur un espace de quelques mètres carrés, et la pente presque insensible que présentait cette grève rendait visibles, par un mouvement latéral très considérable, les moindres oscillations en hauteur des eaux du port. Cela m'a permis de faire l'observation suivante :

OBS. XIII. Du 6 Janvier 1870, à 11¹/₂ heures du matin.

« Par un léger Morget (brise de terre), je constate de grandes ondulations, consistant en un mouvement alternatif d'ascension et de descente de l'eau du port, parfaitement comparable au mouvement des seiches. Ce mouvement d'oscillation est assez irrégulier ; en 190 secondes de temps, je compte 9 oscillations complètes. La durée de chaque oscillation est donc, en moyenne, de 21 secondes. »

J'ai répété cette observation chaque fois que le phénomène se présentait, et je donne le résumé de cette étude dans le tableau suivant :

| N° | Date. | Heure.
h. m. | Vent. | Nombre
d'oscillations | Durée
moyenne en
second. d'une
oscillation. |
|-------|--------------|-----------------|--------------|--------------------------|--|
| XIII | 6 janv. 1870 | 11 30 | Léger Morget | 9 | 21.1 |
| XIV | 7 » » | 11 25 | Légère bise | 10 | 33.5 |
| XV | 9 » » | 2 50 | » » | 18 | 21.2 |
| XVI | 20 » » | 4 7 | » » | 16 | 17.5 |
| XVII | 5 mars » | 5 2 | » » | 14 | 15.3 |
| XVIII | 10 » » | 2 20 | » » | 16 | 14.7 |
| XIX | 12 » » | 10 7 | Léger vent | 6 | 34.1 |

D'après cela, la durée moyenne d'une de ces oscillations serait de 22,5 secondes.

Que sont ces oscillations, et à quoi les comparer ?

Leur allure, je l'ai dit, est celle des seiches, mais leur durée est bien moindre. Nous avons vu que les seiches, à Morges, ont une durée moyenne de 264 secondes ; le mouvement d'oscillation qui nous occupe a une valeur 12 fois moindre, 22,5 secondes. J'ai, du reste, constaté que, pendant que je les observais dans l'intérieur du port, à l'extérieur il n'y avait pas de seiches appréciables.

Serait-ce un mouvement des vagues du vent ? Le tableau que je viens de donner indique que, pendant toutes ces observations, le vent était très faible ; par un fort vent, le port, lui-même, eut été trop agité pour que ce mouvement fût appréciable. Or, les plus fortes vagues de vent, dont j'ai mesuré la durée (en date du 30 novembre 1869), d'une largeur d'environ 15 mètres d'une crête à l'autre, ne dépassaient pas 4 secondes de durée. La durée des vagues du lac, par des vents très faibles, tels qu'ils existaient alors que j'observais le mouvement d'oscillation dans le port de Morges, varie entre 0.5 et 1 seconde.

Je n'avais donc affaire ni à un mouvement d'oscillation progressive des vagues du vent, la durée du mouvement étant trop forte, ni à de véritables seiches du lac, la durée du mouvement étant trop faible. J'étais en présence de seiches du port de Morges, d'un mouvement analogue à celui des seiches, mais diminué et rapetissé par les dimensions minimales du bassin.

Le port de Morges mesure environ 200 mètres de long dans son plus grand diamètre.

Il peut être intéressant, pour l'étude que nous faisons des seiches du lac Léman, de les comparer à ce mouve-

ment qui leur est analogue, mais en petit et dans des conditions bien plus restreintes. Arrêtons-nous donc un instant à ces seiches du port de Morges.

Leur amplitude est très faible; elles mesurent quelques millimètres, 2 ou 3 millimètres au plus; aussi, sont-elles tout à fait inappréciables alors que le lac est assez élevé pour ne plus présenter la grève fort doucement inclinée que j'ai décrite. Aux ouvertures du port, le courant, déterminé par ces seiches en miniature, est trop faible pour être utilement observable; je crois, cependant, pouvoir lui attribuer certaines irrégularités que j'ai remarquées parfois dans la marche du courant des grandes seiches du lac.

Quant à leur durée moyenne, je l'ai indiquée plus haut: elle varie, suivant les jours d'observation, dans les limites de 14,7 à 37,1 secondes. Je n'ai pas noté, pour une même seiche, la durée des divers temps d'oscillation, mais je puis dire que la même irrégularité que nous avons vue dans les grandes seiches du lac, à Morges et à Genève, est parfaitement sensible dans les petites seiches du port de Morges, et que la durée des vagues qui se succèdent est loin d'être constante et régulière.

J'attribue à deux causes différentes le mouvement de balancement de l'eau que nous venons d'étudier au port de Morges:

1° Au vent. Les observations que j'ai citées ont toutes été faites alors qu'un vent peu violent agitait légèrement l'atmosphère et causait des changements irréguliers de pression sur les différentes parties du bassin.

2° A la vague puissante que refoulent devant eux les bateaux à vapeur; dans ce cas, la seiche du port a une intensité plus forte que lorsqu'elle est causée par le vent,

et devient même observable par le courant d'entrée et de sortie aux ouvertures du port.

III

Du mouvement de l'eau dans les seiches.

Quelle est la nature du mouvement qui nous occupe ? C'est ce que je dois discuter actuellement.

Il y a deux sortes de mouvement d'oscillation dans les corps : l'oscillation progressive et l'oscillation fixe.

L'oscillation progressive est le mouvement d'ondulation causé par un corps qui frappe l'eau, ou par l'action continue et régulière du vent. La vague circulaire, déterminée dans l'eau par la chute d'une pierre ou d'une goutte de pluie, ou par le coup de la rame ; la vague, plus ou moins rectiligne, que détermine la marche d'un bateau ou l'action du vent qui caresse la surface de l'eau en la pressant, sont des vagues d'oscillation progressive.

La vibration déterminée sur la corde d'un violon par le frottement de l'archet, est une oscillation fixe. Cette forme d'oscillation peut être mise en jeu, sur un vase plein d'eau, par l'action isochrone et répétée d'une pression sur un point déterminé de la surface, par des secousses cadencées et rythmiques du vase, ou simplement par une secousse subite sur les parois du vase, ou par un choc subit sur une surface un peu étendue de l'eau.

Dans l'oscillation progressive, la crête de la vague se déplace sans cesse, en progressant toujours dans la même direction ; tous les points de la surface subissent alternativement un mouvement d'élévation et de descente.

Dans l'oscillation fixe la crête de la vague se produit toujours aux mêmes points, et ne se déplace pas, de telle sorte qu'entre les régions de la surface qui subissent une oscillation maximale (ventres d'oscillation) se trouvent des régions qui restent dans un repos presque absolu (nœuds) au point de vue des mouvements d'élévation et de descente.

Dans l'oscillation progressive la molécule d'eau décrit un mouvement de révolution suivant une ellipse plus ou moins aplatie, mouvement ellipsoïde qui s'effectue pendant que la crête de la vague progresse d'une quantité égale à la largeur de la vague.

Dans l'oscillation fixe la molécule d'eau subit un mouvement de va-et-vient, révolution rectiligne ou courbe, qui s'effectue dans le temps qu'emploie la vague pour s'élever et descendre.

Avons-nous dans les seiches affaire à un mouvement d'oscillation ? C'est ce que les allures du phénomène et la répétition du flux et du reflux semblent indiquer.

A quelle forme du mouvement d'oscillation pouvons-nous rapporter les seiches, c'est ce que nous allons chercher à étudier.

Vaucher comparait le mouvement d'oscillation des seiches à celui qui se produirait dans un siphon si l'une des branches était soumise subitement à une pression plus forte ou plus faible que celle qui règne à l'autre branche ; il se rangerait ainsi à l'opinion que les seiches sont un mouvement d'*oscillation de balancement* ⁽²⁹⁾. L'eau du

(29) J'appelle *oscillation de balancement* la forme d'oscillation fixe qui se produit dans un bassin d'eau ou dans un siphon.

siphon subit le mouvement de va-et-vient rectiligne qui caractérise ce mode d'oscillation.

Mais dans les observations de Vaucher, ou plutôt dans les conclusions qu'il a tirées de ses observations, il est un fait qui, s'il est exact, indiquerait évidemment pour les seiches un mouvement d'ondulation progressive. C'est le fait qu'on peut formuler en disant que, dans deux stations inégalement éloignées de Genève, les mouvements des seiches sont successifs, la station la plus éloignée de l'extrémité du lac commençant la première les mouvements d'élévation et d'abaissement (environ deux minutes de différence entre la station des Bains Lullin et celle des Eaux-Vives) (Obs. III, IV, VI, VII, VIII).

Il y aurait là évidemment une progression, une vague gigantesque qui s'avancerait de Genthod, du Vangeron ou des Bains Lullin vers Genève. Si le fait est vrai nous sommes évidemment en présence d'une vague d'oscillation progressive.

Mais si nous reprenons la question de cette progression de la vague, de cette différence dans les moments des différentes ondulations telle que l'indique Vaucher, si nous critiquons à ce point de vue ses observations, nous arrivons à des résultats beaucoup moins affirmatifs.

Je me fonde pour cela sur les raisons suivantes :

Vaucher n'a pas osé répéter cette conclusion dans le résumé qu'il donne lui-même de ses recherches (pages 75).

Sur les cinq observations de Vaucher qui devaient juger cette question, trois seulement, les observations III, IV et VIII, ont donné d'après leur auteur un résultat un peu précis dans le sens que nous venons d'indiquer.

Enfin, si nous reproduisons graphiquement ses diverses

expériences comparatives (v. fig. 1, 2, 3 et 5), si avec la meilleure critique nous les étudions à ce point de vue, il nous est impossible d'arriver à une conclusion précise. La différence est telle entre les deux courbes, les deux courbes sont si souvent opposées et tellement irrégulières qu'il est vraiment impossible de dire dans laquelle des deux stations la vague avancerait sur l'autre. De cette étude des tracés graphiques des observations de Vaucher il ne peut rester qu'une seule impression, c'est que le mouvement est fort irrégulier dans deux stations différentes et point du tout simultané.

La question reste donc intacte et peut s'étudier à nouveau.

Sommes-nous en présence d'un mouvement d'oscillation progressive, d'immenses lames de dimensions colossales qui, partant d'un point quelconque du lac, viendraient battre successivement la rive ? Cette supposition répondrait assez bien à certains côtés du phénomène des seiches. Comme dans les seiches, dans toute vague d'ondulation progressive, il y a mouvement alternatif d'élévation et d'abaissement de la surface de l'eau ; dans les vagues du vent, on observe facilement l'irrégularité d'amplitude et de durée, que nous avons constatée dans les ondulations successives des seiches ; dans cette forme d'ondulation on remarque un ralentissement sensible dans la rapidité et une augmentation dans l'amplitude de la vague alors que la profondeur de l'eau diminue, ce qui expliquerait les différences d'amplitude et de durée que nous avons constatées entre les seiches observées à Morges et à Genève.

Mais l'étude plus approfondie du mouvement nous force à écarter la supposition que le phénomène des seiches serait dû à un mouvement d'oscillation progressive.

La molécule d'eau décrit, dans ce cas, un mouvement ellipsoïde aplati dont la durée est égale au temps que met la vague pour avancer d'une distance égale à sa largeur (on appelle largeur d'une vague la distance qui sépare deux points homologues de deux vagues successives); par suite la vitesse dont est animée la molécule d'eau dans ce mouvement ellipsoïde est égale à la vitesse de progression de la vague.

J'ai dit plus haut que l'étude attentive du miroir du lac, pendant les seiches, ne m'avait pas permis de constater la moindre déformation dans l'image des objets qui s'y réfléchissent; j'ai dit que j'en concluais que si la seiche était causée par une vague d'ondulation progressive, la largeur de cette vague n'était pas inférieure à 100 mètres.

La durée moyenne d'une oscillation de seiche à Morges est de 264 secondes. Dans la vague d'ondulation progressive la crête de la vague progresse de toute la largeur de la vague pendant la durée d'une oscillation. Si donc dans les seiches nous avons affaire à une vague d'ondulation progressive, la crête de cette vague doit en 264 secondes progresser de toute la largeur de la vague, c'est-à-dire d'une largeur de plus de 100 mètres. A raison de 100 mètres en 264 secondes la rapidité de la progression de la vague serait de 0^m38 par seconde.

Or, les molécules d'eau de la surface suivent, pour le moment du moins où elles occupent la crête de la vague, la rapidité du mouvement de progression de celle-ci; dans le cas d'une vague d'ondulation progressive dont la largeur serait de 100 mètres et la durée de 264 secondes, nous aurions à certains moments de la vague un déplacement horizontal de 0^m38 par seconde. Si, la durée restant la même, la largeur de la vague était plus forte, la

rapidité de ce mouvement horizontal augmenterait, si la largeur était plus faible, il diminuerait. Pour une largeur de 50 mètres, la vitesse de ce mouvement de déplacement horizontal de l'eau à la surface serait de 0^m19 par seconde, vitesse encore fort appréciable et bien facile à constater.

J'ai dirigé tout spécialement mon attention sur l'existence d'un déplacement horizontal de l'eau du lac pendant le mouvement des seiches (au-dessous du débarcadère des bateaux à vapeur à Morges) et je puis affirmer qu'un mouvement aussi rapide que celui que je viens d'indiquer n'aurait pas échappé à mon observation.

D'après cela si les seiches étaient des vagues d'ondulation progressive elles devraient avoir une largeur de moins de 50 mètres. Mais comme je puis d'un autre côté par l'étude du miroir du lac affirmer que ces vagues, si elles existent, ont au moins 100 mètres de large, je crois pouvoir conclure que les seiches ne sont pas le produit de vagues d'ondulation progressive.

Si donc mon raisonnement est exact, et si le mouvement des seiches est un mouvement d'oscillation, c'est un mouvement d'oscillation de balancement.

IV.

Lois de l'oscillation du balancement.

Ne trouvant pas dans les auteurs que j'ai sous la main d'expériences positives sur l'oscillation de balancement de l'eau, j'ai dû entreprendre moi-même ces expériences. Mon but, je n'ai pas besoin de le dire, n'était pas d'étudier à

fond ce mouvement de l'eau, mais de le connaître assez pour pouvoir le comparer à nos seiches. Après quelques essais avec des vases de diverses tailles et de diverses formes, j'ai fait construire l'appareil qui m'a servi à étudier cette question.

C'est un cadre de bois de chêne en forme d'U aplati, dont la branche horizontale mesure 1^m30 de long et la branche verticale 0^m395. Le long du bord intérieur de ce cadre, j'ai fait, de chaque côté, creuser une rainure, soit battue, dans laquelle j'ai fait cimenter deux glaces de verre double; j'ai ainsi obtenu un bassin présentant deux larges faces de verre, me permettant d'étudier les mouvements de l'eau, et dont les dimensions sont les suivantes: longueur 1^m30, largeur 27 à 30 millimètres, profondeur 0^m395. Ayant bientôt reconnu que la pression intérieure, lorsque l'eau avait atteint une profondeur de 20 à 25 centimètres, était assez forte pour faire fléchir les feuilles de verre et pour les briser, j'ai soutenu leur face externe par trois systèmes de traverses verticales en bois, au moyen desquelles je puis empêcher la flexion extérieure des verres, en appuyant ceux-ci à l'aide de bouchons de liège.

Enfin, pour obtenir un mouvement d'oscillation ou de balancement de tout l'appareil, j'ai cloué à la face inférieure du cadre et sur son centre de gravité une traverse horizontale sur laquelle je puis imprimer des mouvements de balancement dans un plan vertical.

L'appareil étant ainsi disposé, je le remplis, jusqu'à une hauteur donnée, d'eau contenant en suspension quelques poussières légères, de manière à ce que je puisse observer le mouvement de l'eau dans les parties profondes, et j'imprime un mouvement d'oscillation sur la traverse horizontale. Puis, au moyen de la montre à secondes, je compte

la durée moyenne de l'oscillation de l'eau. J'ai ainsi obtenu la durée de l'oscillation aux différentes profondeurs d'eau, pour la même longueur du bassin. J'ai cherché ensuite à diviser la longueur de l'onde au moyen de diaphragmes verticaux, que j'ai, après divers essais, formés à l'aide d'un boyau de bœuf rempli de sable fin et bien tassé; j'ai pu ainsi obtenir différentes longueurs d'onde et étudier pour chacune d'elles la durée du balancement à différentes profondeurs de l'eau.

Je résume les moyennes obtenues dans ces diverses expériences dans le tableau suivant:

| Profondeur
de l'eau en
centimètres. | Durée en secondes de l'oscillation du balancement alors que le bassin
présente une longueur en millimètres de | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | 325 | 430 | 570 | 660 | 810 | 945 | 1300 |
| 5 | 1.20 | 1.30 | 1.70 | 1.90 | 2.25 | 2.60 | 3.65 |
| 10 | 0.67 | 0.10 | 1.20 | 1.30 | 1.65 | 1.85 | 2.56 |
| 15 | 0.60 | 0.80 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 1.55 | 2.20 |
| 20 | 0.60 | 0.70 | 0.90 | 1.00 | 1.10 | 1.30 | 1.95 |
| 25 | 0.60 | 0.70 | 0.85 | 0.90 | 1.00 | 1.20 | 1.80 |
| 30 | 0.60 | — | — | — | — | 1.20 | 1.67 |
| 35 | — | — | — | — | — | — | 1.60 |

Si nous étudions sur la figure 9, où sont tracés graphiquement ces chiffres, en prenant pour abscisses la profondeur de l'eau, et pour ordonnées la durée du balancement aux diverses longueurs du bassin, nous pouvons en tirer les observations suivantes:

1^o La rapidité d'oscillation augmente pour la même longueur du bassin à mesure que la profondeur augmente.

2^o Cette augmentation, très forte alors que la profon-

deur est peu considérable, diminue d'importance à mesure que la profondeur atteint certaines limites. Les courbes obtenues pour chaque longueur d'onde ont toutes la tendance à devenir horizontales à partir d'un certain moment et quelques-unes le deviennent.

Il y a donc pour chaque longueur d'onde une profondeur à partir de laquelle la rapidité d'oscillation due au peu de profondeur cesse d'augmenter ; il y a pour chaque longueur d'onde une vitesse d'ondulation absolue qui n'est plus influencée par la profondeur de l'eau.

3^o Plus l'onde est courte, plus rapidement est obtenue cette vitesse absolue. Ainsi, dans mes expériences, j'ai atteint cette vitesse absolue :

Par 325 mill. de longueur d'onde à 15 cent. de profondeur.

| | | | |
|----------|---|---|---|
| » 430 » | » | 20 | » |
| » 145 » | » | 25 | » |
| » 1300 » | » | je ne l'ai pas atteinte à 35 centimètres de profondeur. | |

4^o Cette vitesse absolue augmente à mesure que l'onde est plus courte. Plus les dimensions du bassin sont grandes, autrement dit, plus la vague est longue, plus longue est la durée de celle-ci. D'après mes expériences et en corrigeant par un tracé graphique les erreurs d'observation, j'estime approximativement la durée absolue de la vague

Par 0^m50 de longueur d'onde à 0,75 seconde.

| | | | |
|---------------------|---|------|---|
| » 0 ^m 75 | » | 1,00 | » |
| » 1 ^m 00 | » | 1,25 | » |
| » 1 ^m 25 | » | 1,50 | » |

De cette série d'expériences, je tire les lois suivantes de l'oscillation fixe dans sa forme d'ondulation de balancement :

I. *La durée de la vague augmente avec la longueur du bassin.*

II. *Au-dessous et jusqu'à une certaine limite de profondeur la durée de la vague diminue à mesure que la profondeur de l'eau augmente.*

III. *Cette limite de profondeur à laquelle la durée de la vague cesse d'être influencée par la profondeur est d'autant plus vite atteinte que le bassin est moins long.*

Ou, sous une autre forme: La vague est d'autant plus rapide que le bassin est plus court et plus profond.

Les expériences dont je viens de donner les résultats ont été faites alors que l'appareil était placé horizontalement pendant le balancement. La profondeur d'eau était la même aux deux extrémités.

J'ai voulu chercher si l'inclinaison du fond influencerait la durée de l'ondulation, et pour cela, après avoir donné l'impulsion à mon appareil, j'ai compté la durée de l'ondulation alors que le plancher du bassin était incliné et qu'à l'une de ses extrémités l'eau était plus profonde qu'à l'autre. Ces expériences ont été faites dans le bassin à la longueur maximum, soit 1^m30.

Je donne, dans le tableau suivant, les chiffres que j'ai ainsi obtenus, en y intercalant, pour permettre la comparaison, les valeurs que j'avais trouvées alors que le plancher du bassin était horizontal.

| Profondeur de l'eau (en centimètres). | | | Durée moyenne d'une
ondulation
en secondes de temps |
|---------------------------------------|---------|---------|---|
| maximum | minimum | moyenne | |
| 1 | 5 | 3 | 4.83 |
| — | — | 5 | 3.65 |
| 5 | 9 | 7 | 3.05 |
| 6 | 10 | 8 | 2.87 |
| — | — | 10 | 2.56 |
| 10 | 14 | 12 | 2.35 |
| 11 | 15 | 13 | 2.25 |
| — | — | 15 | 2.20 |
| 15 | 19 | 17 | 2.10 |
| — | — | 20 | 1.95 |
| — | — | 25 | 1.80 |
| — | — | 30 | 1.67 |
| — | — | 35 | 1.60 |

J'ai repris cette expérience sous une autre forme. J'ai mis dans mon appareil une certaine quantité d'eau et j'ai provoqué des ondes de balancement en inclinant de plus en plus le bassin. Voici les chiffres que j'ai obtenus par une profondeur d'eau moyenne de 5 centimètres.

| Profondeur de l'eau aux deux extrémités
en millimètres | | Durée moyenne en secondes
d'une ondulation |
|---|----|---|
| | | |
| 50 | 50 | 3.6 |
| 70 | 30 | 3.6 |
| 91 | 9 | 3.8 |

D'après ces expériences, il ne semblerait pas que l'inclinaison du plancher du bassin ait une influence sensible sur la durée de la vague de balancement.

Un point de vue fort important pour l'histoire des seiches était la détermination de l'amplitude ou hauteur de la vague et les relations de cette hauteur avec les diverses profondeurs. Je n'ai malheureusement pas pu consacrer beaucoup de temps à cette expérimentation. Voici cependant ce que j'ai constaté.

J'ai d'abord, en plaçant mon bassin horizontal, et en ayant soin de donner la même impulsion primitive, comparé la hauteur de la vague à différentes profondeurs. Pour ces comparaisons, j'ai choisi la seconde vague.

Par une profondeur de 5 centimètres, je lui ai trouvé 9^{mm}
» » 20 » » 6^{mm}
au-dessus du niveau primitif de l'eau. De là je tire la loi :

IV. La hauteur de la vague augmente à mesure que la profondeur d'eau diminue.

Ensuite, avec une profondeur de 5 centimètres, j'ai incliné le plancher du bassin de manière à ce qu'il y eût en profondeur d'eau, à l'une des extrémités 91, à l'autre, 9 millimètres. J'ai mesuré la hauteur de la première vague à son retour, à 12 centimètres de chaque extrémité, après avoir donné des impulsions également fortes. J'ai trouvé :

Par 85 mill. de fond, hauteur de la vague de retour, 7 mill.
» 15 » » 11 »
au-dessus du niveau primitif de l'eau. De cette expérience, je tire la conclusion :

V. Dans un bassin dont le fond est incliné, la hauteur de la vague est plus forte à l'extrémité moins profonde, moins forte à l'extrémité plus profonde.

Ces deux dernières lois se justifieraient facilement par l'étude du déplacement de l'eau, dont l'intensité augmente

à mesure que le rapport entre la hauteur de la vague et la profondeur de l'eau augmente.

Il est encore un fait que je dois signaler dans l'ondulation du balancement, c'est que si mouvement de déplacement horizontal des molécules d'eau est le même sur toutes la longueur du bassin, il n'en est pas de même du déplacement vertical. La hauteur de la vague est à son maximum aux deux extrémités; elle est nulle au milieu. Si nous comparons ce mouvement à la vibration d'une corde, nous dirons qu'il y a un nœud de mouvement au milieu du bassin, un ventre à chaque extrémité. D'où la loi :

VI. La hauteur de la vague d'ondulation de balancement est nulle au milieu du bassin et a son maximum aux deux extrémités.

Enfin, il est une loi qui dérive de la définition même de l'oscillation de balancement et qui est évidente à la première observation, c'est la simultanéité du mouvement dans tout le bassin. C'est ce que je formule ainsi :

VII. Le mouvement d'oscillation de balancement est simultané dans toutes les parties du bassin.

V.

Comparaisons et conclusions.

Après avoir, dans les pages précédentes, cherché les lois de l'ondulation de balancement dans un bassin de petites dimensions, revenons aux seiches du lac Léman et cherchons si ces lois sont en harmonie ou en contradiction sur ce que nous observons dans la nature, si oui ou non

nous pouvons rapprocher de l'oscillation de balancement les seiches des grands bassins d'eau.

Nous avons constaté :

1^o Que l'amplitude des seiches est fort différente d'une seiche à l'autre. Nous expliquons ce fait par la différence d'intensité de l'action génératrice du mouvement, dans la théorie de la variation de pression barométrique sur une région du lac.

2^o Que l'amplitude des seiches est fort différente d'une région à l'autre du lac. Les seiches sont beaucoup plus fortes à Genève qu'à Morges et dans le grand lac. Bertrand, Saussure et Vaucher expliquaient ce fait par le retrécissement du lac dans les environs de Genève. Sa largeur diminuant insensiblement, la vague de la seiche subirait la même augmentation de hauteur que le flux de la marée dans les golfes en forme d'entonnoir. La marée est plus forte au fond du golfe de Gascogne ou à Saint-Malo que sur les côtes de la Bretagne et en plein océan. J'accepte sans hésitation cette explication ; mais je crois devoir y ajouter trois autres raisons déterminantes de cette augmentation de l'amplitude des seiches dans le petit lac. L'étude de l'oscillation de balancement m'a, en effet, montré les faits suivants :

a) La hauteur de la vague augmente à mesure que la profondeur de l'eau diminue. (Loi IV.) Le grand lac est plus profond que le petit lac près de Genève. C'est dans le petit lac que les seiches doivent être les plus fortes.

b) Dans un bassin dont le fond est incliné, la hauteur de la vague est plus forte à l'extrémité la moins profonde ; moins forte à l'extrémité la plus profonde. (Loi V.) Le lac Léman est précisément dans ce cas ; la profondeur moyenne allant considérablement en diminuant du grand lac au petit

lac, nous sommes en présence d'un bassin dont le plancher est incliné, et la plus faible profondeur étant du côté de Genève, c'est là que les vagues doivent être les plus fortes.

c) La hauteur de la vague est nulle au milieu du bassin et a son maximum aux deux extrémités. (Loi VI.) Le bassin étant sensé régulier et à plancher horizontal, cette loi suffirait pour nous expliquer la différence de hauteur des vagues des seiches, qui sont plus fortes à Villeneuve et à Genève qu'à Morges.

3^o Nous avons constaté que la durée des seiches est variable d'une seiche à l'autre dans la même localité. Notre première loi dit que la durée de l'ondulation varie avec la longueur de l'onde. Plus le bassin est long, plus la vague de balancement est lente. Or, si la théorie de Vaucher est exacte, si la seiche est une vague de balancement déterminée par une rupture d'équilibre de l'eau, par suite d'une variation de la pression barométrique en un point quelconque du lac, il est facile de comprendre que, suivant le point d'où l'impulsion est partie, la vague peut être plus ou moins longue pour une même localité. Si nous sommes à Morges, nous pouvons voir partir l'impulsion déterminante d'une seiche de tous les points de la côte de Savoie, dont les plus rapprochés ne sont qu'à 11 kilomètres, les plus éloignés à 30 ou 35. Qu'une vague de balancement s'établisse entre Evian et Morges, elle sera plus courte et par conséquent plus rapide qu'une vague qui oscillera de Villeneuve à Morges. Il en sera de même à Genève, où nous pourrions avoir des seiches plus longues, dont l'oscillation se fera suivant le grand diamètre du lac, et des seiches plus courtes (Obs. VIII de Vaucher),

dont le point d'origine sera peut-être au milieu de la longueur du lac.

4^o Nous avons constaté que la durée des seiches est plus longue à Genève qu'à Morges. La loi que nous venons de rappeler montre que les seiches qui oscillent suivant le grand axe d'un bassin sont plus lentes que celles dirigées suivant l'un des petits axes. Genève étant à l'extrémité du grand axe, ses seiches doivent avoir le maximum de durée. Il doit en être probablement de même à Villeneuve.

Mais, dira-t-on, si une ondulation de balancement fait osciller l'eau du lac de Villeneuve à Genève et réciproquement, ce mouvement doit passer devant Morges et avoir lieu simultanément avec le mouvement de Genève à Villeneuve (Loi VII) ; par conséquent vous devez pouvoir observer à Morges les seiches que nous constatons à Genève, et leur durée doit être la même à Morges qu'à Genève. A cette objection, je répondrai par ma loi VI, qui dit que la hauteur de la vague de balancement est nulle au milieu du bassin et a son maximum aux deux extrémités. Morges étant située, à quelques kilomètres près, à égale distance des deux extrémités du lac, quand une seiche fait balancer l'eau du lac de Genève à Villeneuve, nous sommes à Morges près du nœud du mouvement, et nous ne pouvons observer de dénivellation sensible. C'est cette remarque qui m'a fait mettre en doute que les seiches observées simultanément à Morges et à Genève, le 16 novembre 1854, (fig. 6) appartenissent à la même impulsion, fussent le produit de la même oscillation.

Si l'on rapproche encore des grandes seiches du lac ce que j'ai décrit des petites seiches du port de Morges,

dont la durée est beaucoup moindre et correspond aux dimensions restreintes du bassin, l'on arrivera, je le pense, à la conclusion que les seiches appartiennent, par leurs allures, à l'oscillation de balancement d'un bassin d'eau et répondent suffisamment aux lois que l'expérience attribue à ce mouvement.

Il y a, cependant, un point qui aura frappé le lecteur, c'est celui de l'irrégularité des seiches ; irrégularité dans l'amplitude des diverses vagues d'une même seiche, irrégularité dans leur durée. Cette irrégularité n'est pas méconnaissable et se constate, au premier coup-d'œil, aussi bien dans les observations de Genève que dans celles de Morges. Je l'attribue à l'irrégularité de la forme du lac : si le lac formait une figure régulière, un rectangle, une ellipse ou un losange régulier, l'ondulation de balancement suivrait des allures régulières, isochrones et égales, ou, du moins, décroissant régulièrement d'intensité et de durée, suivant des lois parfaitement déterminées. Et encore faudrait-il, pour qu'une régularité absolue existât dans les vagues de balancement, que l'impulsion première eût été donnée en un point précis, à déterminer suivant la forme du bassin.

Mais, dans un bassin irrégulier comme le lac Léman, avec sa forme générale de croissant, plus large et plus profond à l'une de ses extrémités qu'à l'autre, avec ses golfes et ses promontoires, l'on ne peut attendre une régularité absolue dans de tels mouvements. Les réflexions de vagues, les croisements d'ondes, les interférences doivent, au contraire, être telles et si nombreuses que l'on ne peut s'étonner que d'une chose, c'est de la régularité qui reste à ces mouvements.

La conclusion générale que je tirerai de cette étude c'est qu'il faut rapporter les seiches à une ondulation de balancement déterminée dans le lac, suivant un diamètre différent pour les différentes seiches, par une variation de la pression barométrique en un point de la surface (Saussure et Vaucher) ou par une secousse de tremblement de terre (Guillemin).

Je signalerai, en terminant, les points qui me semblent mériter une étude ultérieure. Il y aurait intérêt :

1° A étudier les seiches à l'extrémité orientale du lac, à déterminer exactement leur durée ⁽³⁰⁾ et en vérifiant leur amplitude, à constater qu'elles y sont plus fortes qu'à Morges et plus faibles qu'à Genève.

2° A reprendre les expériences de comparaison de Vaucher dans les environs de Genève et à reconnaître si, oui ou non, il y a simultanéité dans les mouvements d'une même seiche dans deux stations inégalement distantes de l'extrémité du lac.

3° A faire une étude simultanée des seiches à Genève et à Villeneuve, à reconnaître si, dans une même seiche, on pourrait constater alternance ou simultanéité des mouvements aux deux extrémités du lac.

4° A mesurer exactement la durée des seiches dans d'autres lacs pour reconnaître si cette durée augmente avec la grandeur du bassin.

(30) C'est si je ne me trompe l'observation la plus importante à faire. Si la seiche est réellement une vague de balancement, suivant un diamètre quelconque du lac, elle doit avoir à Villeneuve une durée plus considérable qu'à Morges, et se rapprocher par la durée de celles de Genève. Cette observation jugera la question.

5° A observer la coïncidence des fortes seiches avec les secousses de tremblement de terre.

C'est à rappeler l'attention des naturalistes sur cette étude que cette notice est destinée.

Post-scriptum. J'ai la satisfaction d'annoncer que j'ai pu vérifier expérimentalement l'un des points que j'indiquais comme probables en terminant l'étude présente. Une série d'observations que je viens de faire à l'extrémité orientale du lac me permet de formuler les conclusions suivantes que, pour ne pas retarder la publication de ce bulletin, je dois me réserver de justifier dans une seconde étude :

1° Les seiches ont, à l'extrémité orientale du lac, une durée beaucoup plus considérable qu'à Morges et sont très analogues, à ce point de vue, à celles de Genève.

2° Les seiches ne sont pas, comme on l'a cru jusqu'à présent, un phénomène accidentel. Elles existent normalement et leur absence est un fait exceptionnel.

Explication des Planches.

FIGURES 1 A 8.

Tracés graphiques de quelques seiches observées à Genève et à Morges. Les abscisses donnent à l'échelle réelle la hauteur de l'eau aux divers temps d'observation ; les droites horizontales indiquent une hauteur de 10 centimètres, mais ne correspondent point à des niveaux connus. Les ordonnées donnent le moment de l'observation à l'échelle de 3 millimètres pour une minute de temps ; les droites verticales correspondent à une durée de 10 minutes.

FIGURE 1.

Seiches du 4 décembre 1802, commencées à 1 h. 6 m. soir. III^e observation de Vaucher.

La courbe E V donne l'observation faite à la station des Eaux-Vives, à l'angle des fortifications, point qui correspond à peu près à l'extrémité orientale du Jardin anglais actuel. Cette station peut être considérée comme étant à l'extrémité du lac, sur la rive gauche.

La courbe P donne l'observation des seiches faites aux Pâquis, à un quart de lieue environ de l'extrémité du lac, sur la rive droite.

FIGURE 2.

Seiches du 5 décembre 1802, à 9 h. 43 m. matin. IV^e observation Vaucher.

Courbe E V, station des Eaux-Vives.

Courbe V, station du Vangeron, à trois quarts de lieue de Genève, sur la rive droite du lac.

FIGURE 3.

Seiches du 12 décembre 1802, à 9 h. 3 m. matin. VI^e observation Vaucher.

Courbe E V, station des Eaux-Vives.

Courbe G, station de Genthod, à une lieue de Genève, rive gauche.

FIGURE 4.

Seiches du 30 décembre 1802, à 1 h. 10 m. soir. II^e observation Vaucher.

Station des Pâquis, vis-à-vis de la station des Eaux-Vives, soit à l'extrémité du lac, rive droite.

FIGURE 5.

Seiches du 2 janvier 1803, à 10 h. 10 m. matin. VIII^e observation Vaucher.

Courbe E V, station des Eaux-Vives.

Courbe B L, station des Bains Lullin, sur la rive gauche, à un quart de lieue de la station des Eaux-Vives.

FIGURE 6.

Seiches du 3 décembre 1854, à 10 h. 35 m. matin. Yersin.

Dans le port de Morges. Cette seiche a déjà été figurée, à une autre échelle, dans ce bulletin, vol. IV, p. 412.

FIGURE 7.

Seiches du 31 mai 1855, à 2 h. 1 m. soir. Burnier, Ch. Dufour et Yersin.

Dans le port de Morges.

FIGURE 8.

Seiches du 16 novembre 1854, à 4 h. 13 m. soir.

Courbe G. Observation faite par M. Bruderer, au limnimètre du Grand-Quai, à Genève.

Courbe M. Observation faite, dans le port de Morges, par Yersin.

FIGURE 9.

Tableau de la durée des ondes de balancement pour diverses profondeurs d'eau et pour différentes longueurs du bassin.

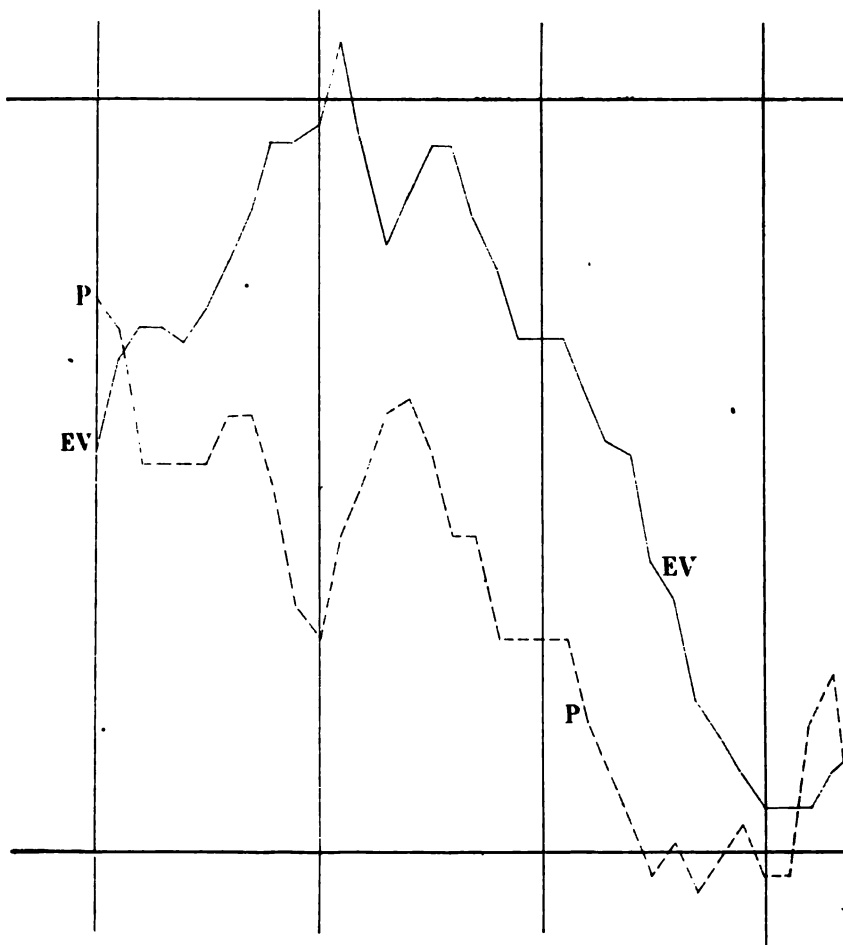
Echelle des abscisses ; 2 centimètres = 5 centimètres de profondeur d'eau.

Echelle des ordonnées : 5 centimètres = 1 seconde de durée de la vague de balancement.

Chacune des courbes correspond à une longueur différente du bassin dont la valeur est indiquée sur la figure.



F. A. FOREL.— Seiches du Léman.



1

2

3

4

5

E

des Sc. nat. — Vol. XII. — Pl. VII.

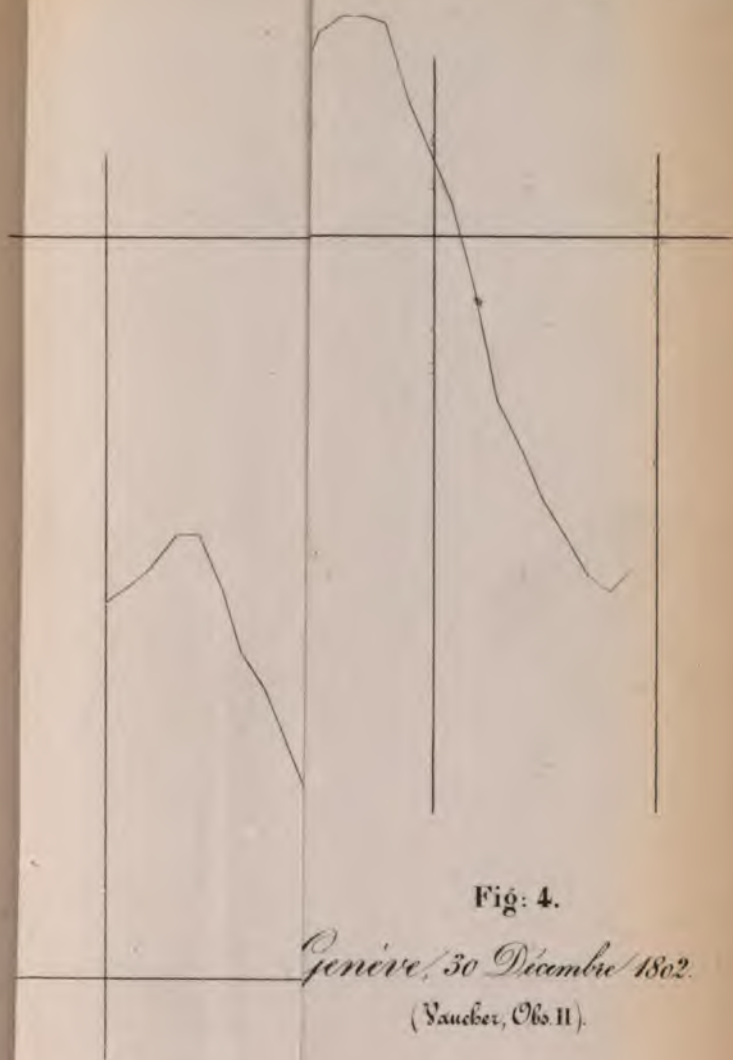


Fig: 4.

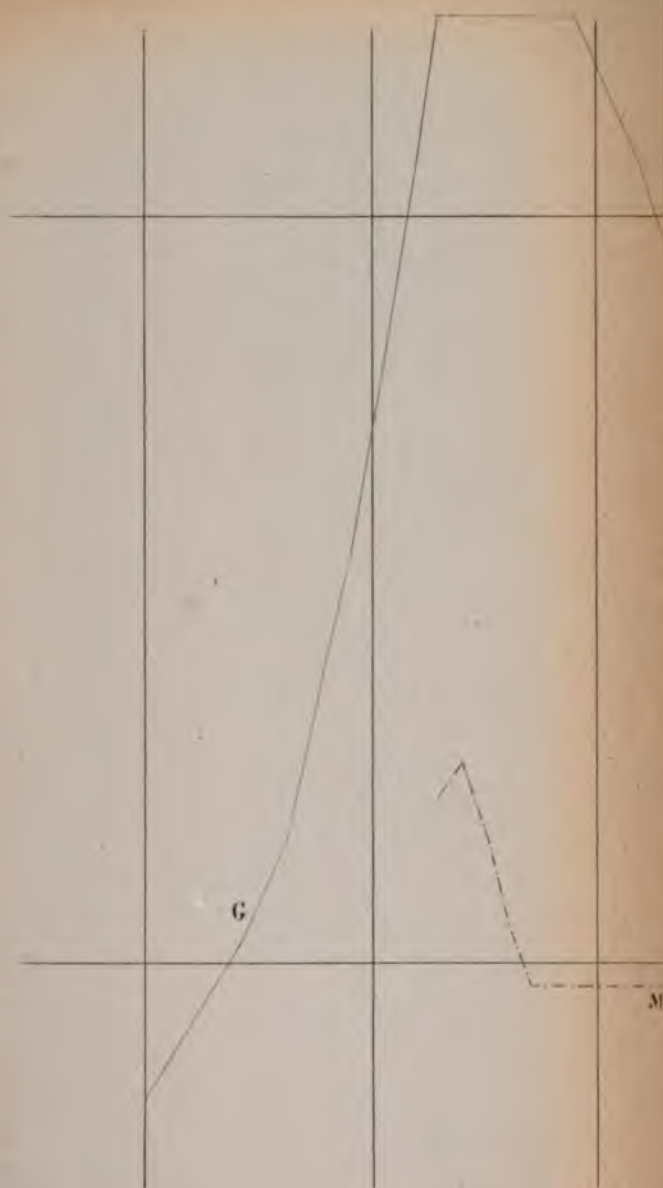
Genève, 30 Décembre 1802.

(*Vaucher, Obs. II.*)

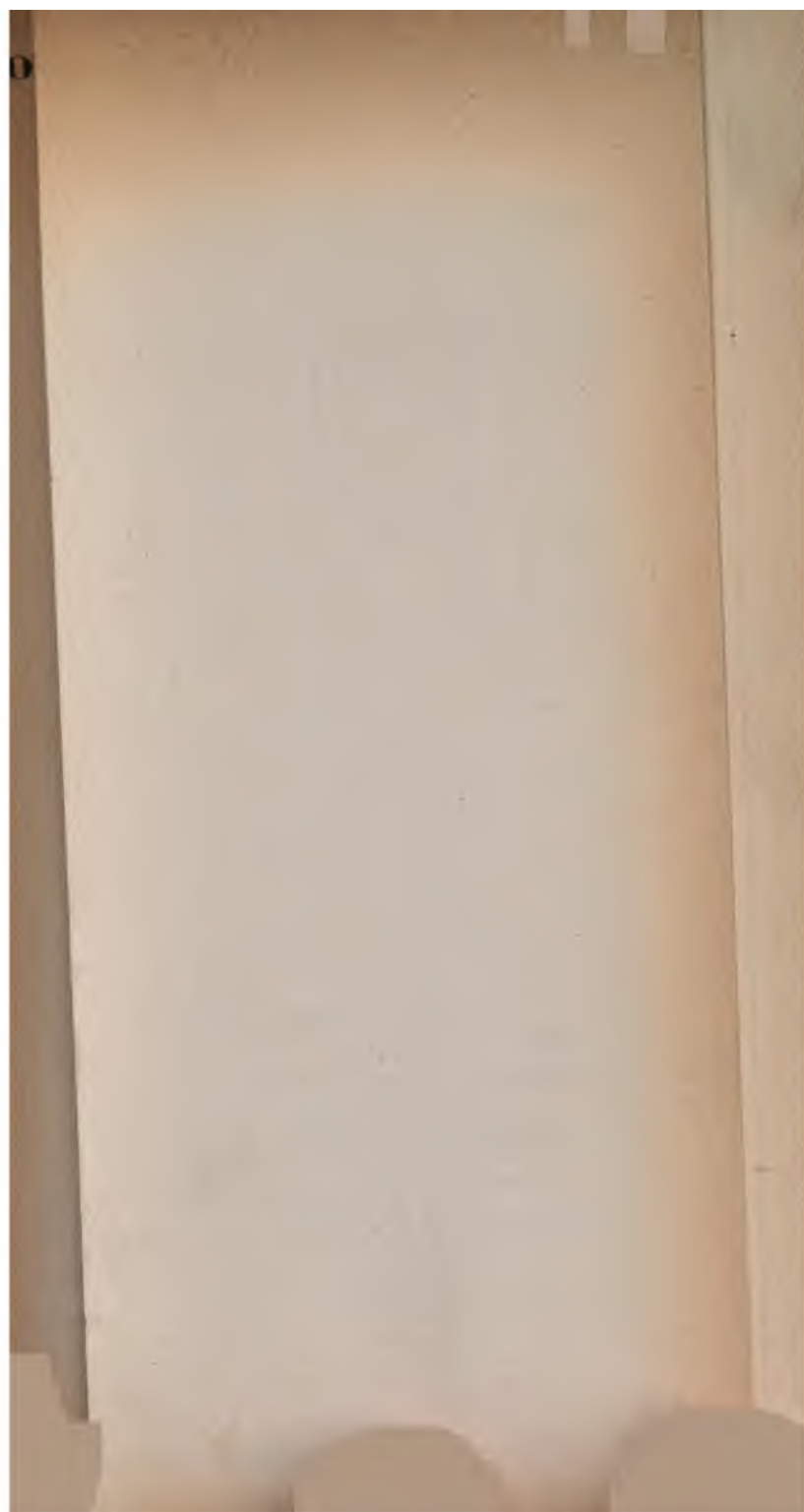


1847-1848. 1849-1850. 1851-1852. 1853-1854. 1855-1856. 1857-1858. 1859-1860. 1861-1862. 1863-1864. 1865-1866. 1867-1868. 1869-1870. 1871-1872. 1873-1874. 1875-1876. 1877-1878. 1879-1880. 1881-1882. 1883-1884. 1885-1886. 1887-1888. 1889-1890. 1891-1892. 1893-1894. 1895-1896. 1897-1898. 1899-1900. 1901-1902. 1903-1904. 1905-1906. 1907-1908. 1909-1910. 1911-1912. 1913-1914. 1915-1916. 1917-1918. 1919-1920. 1921-1922. 1923-1924. 1925-1926. 1927-1928. 1929-1930. 1931-1932. 1933-1934. 1935-1936. 1937-1938. 1939-1940. 1941-1942. 1943-1944. 1945-1946. 1947-1948. 1949-1950. 1951-1952. 1953-1954. 1955-1956. 1957-1958. 1959-1960. 1961-1962. 1963-1964. 1965-1966. 1967-1968. 1969-1970. 1971-1972. 1973-1974. 1975-1976. 1977-1978. 1979-1980. 1981-1982. 1983-1984. 1985-1986. 1987-1988. 1989-1990. 1991-1992. 1993-1994. 1995-1996. 1997-1998. 1999-2000. 2001-2002. 2003-2004. 2005-2006. 2007-2008. 2009-2010. 2011-2012. 2013-2014. 2015-2016. 2017-2018. 2019-2020. 2021-2022. 2023-2024. 2025-2026. 2027-2028. 2029-2030. 2031-2032. 2033-2034. 2035-2036. 2037-2038. 2039-2040. 2041-2042. 2043-2044. 2045-2046. 2047-2048. 2049-2050. 2051-2052. 2053-2054. 2055-2056. 2057-2058. 2059-2060. 2061-2062. 2063-2064. 2065-2066. 2067-2068. 2069-2070. 2071-2072. 2073-2074. 2075-2076. 2077-2078. 2079-2080. 2081-2082. 2083-2084. 2085-2086. 2087-2088. 2089-2090. 2091-2092. 2093-2094. 2095-2096. 2097-2098. 2099-2100. 2101-2102. 2103-2104. 2105-2106. 2107-2108. 2109-2110. 2111-2112. 2113-2114. 2115-2116. 2117-2118. 2119-2120. 2121-2122. 2123-2124. 2125-2126. 2127-2128. 2129-2130. 2131-2132. 2133-2134. 2135-2136. 2137-2138. 2139-2140. 2141-2142. 2143-2144. 2145-2146. 2147-2148. 2149-2150. 2151-2152. 2153-2154. 2155-2156. 2157-2158. 2159-2160. 2161-2162. 2163-2164. 2165-2166. 2167-2168. 2169-2170. 2171-2172. 2173-2174. 2175-2176. 2177-2178. 2179-2180. 2181-2182. 2183-2184. 2185-2186. 2187-2188. 2189-2190. 2191-2192. 2193-2194. 2195-2196. 2197-2198. 2199-2200. 2201-2202. 2203-2204. 2205-2206. 2207-2208. 2209-2210. 2211-2212. 2213-2214. 2215-2216. 2217-2218. 2219-2220. 2221-2222. 2223-2224. 2225-2226. 2227-2228. 2229-2230. 2231-2232. 2233-2234. 2235-2236. 2237-2238. 2239-2240. 2241-2242. 2243-2244. 2245-2246. 2247-2248. 2249-2250. 2251-2252. 2253-2254. 2255-2256. 2257-2258. 2259-2260. 2261-2262. 2263-2264. 2265-2266. 2267-2268. 2269-2270. 2271-2272. 2273-2274. 2275-2276. 2277-2278. 2279-2280. 2281-2282. 2283-2284. 2285-2286. 2287-2288. 2289-2290. 2291-2292. 2293-2294. 2295-2296. 2297-2298. 2299-2300. 2301-2302. 2303-2304. 2305-2306. 2307-2308. 2309-2310. 2311-2312. 2313-2314. 2315-2316. 2317-2318. 2319-2320. 2321-2322. 2323-2324. 2325-2326. 2327-2328. 2329-2330. 2331-2332. 2333-2334. 2335-2336. 2337-2338. 2339-2340. 2341-2342. 2343-2344. 2345-2346. 2347-2348. 2349-2350. 2351-2352. 2353-2354. 2355-2356. 2357-2358. 2359-2360. 2361-2362. 2363-2364. 2365-2366. 2367-2368. 2369-2370. 2371-2372. 2373-2374. 2375-2376. 2377-2378. 2379-2380. 2381-2382. 2383-2384. 2385-2386. 2387-2388. 2389-2390. 2391-2392. 2393-2394. 2395-2396. 2397-2398. 2399-2400. 2401-2402. 2403-2404. 2405-2406. 2407-2408. 2409-2410. 2411-2412. 2413-2414. 2415-2416. 2417-2418. 2419-2420. 2421-2422. 2423-2424. 2425-2426. 2427-2428. 2429-2430. 2431-2432. 2433-2434. 2435-2436. 2437-2438. 2439-2440. 2441-2442. 2443-2444. 2445-2446. 2447-2448. 2449-2450. 2451-2452. 2453-2454. 2455-2456. 2457-2458. 2459-2460. 2461-2462. 2463-2464. 2465-2466. 2467-2468. 2469-2470. 2471-2472. 2473-2474. 2475-2476. 2477-2478. 2479-2480. 2481-2482. 2483-2484. 2485-2486. 2487-2488. 2489-2490. 2491-2492. 2493-2494. 2495-2496. 2497-2498. 2499-2500. 2501-2502. 2503-2504. 2505-2506. 2507-2508. 2509-2510. 2511-2512. 2513-2514. 2515-2516. 2517-2518. 2519-2520. 2521-2522. 2523-2524. 2525-2526. 2527-2528. 2529-2530. 2531-2532. 2533-2534. 2535-2536. 2537-2538. 2539-2540. 2541-2542. 2543-2544. 2545-2546. 2547-2548. 2549-2550. 2551-2552. 2553-2554. 2555-2556. 2557-2558. 2559-2560. 2561-2562. 2563-2564. 2565-2566. 2567-2568. 2569-2570. 2571-2572. 2573-2574. 2575-2576. 2577-2578. 2579-2580. 2581-2582. 2583-2584. 2585-2586. 2587-2588. 2589-2590. 2591-2592. 2593-2594. 2595-2596. 2597-2598. 2599-2600. 2601-2602. 2603-2604. 2605-2606. 2607-2608. 2609-2610. 2611-2612. 2613-2614. 2615-2616. 2617-2618. 2619-2620. 2621-2622. 2623-2624. 2625-2626. 2627-2628. 2629-2630. 2631-2632. 2633-2634. 2635-2636. 2637-2638. 2639-2640. 2641-2642. 2643-2644. 2645-2646. 2647-2648. 2649-2650. 2651-2652. 2653-2654. 2655-2656. 2657-2658. 2659-2660. 2661-2662. 2663-2664. 2665-2666. 2667-2668. 2669-2670. 2671-2672. 2673-2674. 2675-2676. 2677-2678. 2679-2680. 2681-2682. 2683-2684. 2685-2686. 2687-2688. 2689-2690. 2691-2692. 2693-2694. 2695-2696. 2697-2698. 2699-2700. 2701-2702. 2703-2704. 2705-2706. 2707-2708. 2709-2710. 2711-2712. 2713-2714. 2715-2716. 2717-2718. 2719-2720. 2721-2722. 2723-2724. 2725-2726. 2727-2728. 2729-2730. 2731-2732. 2733-2734. 2735-2736. 2737-2738. 2739-2740. 2741-2742. 2743-2744. 2745-2746. 2747-2748. 2749-2750. 2751-2752. 2753-2754. 2755-2756. 2757-2758. 2759-2760. 2761-2762. 2763-2764. 2765-2766. 2767-2768. 2769-2770. 2771-2772. 2773-2774. 2775-2776. 2777-2778. 2779-2780. 2781-2782. 2783-2784. 2785-2786. 2787-2788. 2789-2790. 2791-2792. 2793-2794. 2795-2796. 2797-2798. 2799-2800. 2801-2802. 2803-2804. 2805-2806. 2807-2808. 2809-2810. 2811-2812. 2813-2814. 2815-2816. 2817-2818. 2819-2820. 2821-2822. 2823-2824. 2825-2826. 2827-2828. 2829-2830. 2831-2832. 2833-2834. 2835-2836. 2837-2838. 2839-2840. 2841-2842. 2843-2844. 2845-2846. 2847-2848. 2849-2850. 2851-2852. 2853-2854. 2855-2856. 2857-2858. 2859-2860. 2861-2862. 2863-2864. 2865-2866. 2867-2868. 2869-2870. 2871-2872. 2873-2874. 2875-2876. 2877-2878. 2879-2880. 2881-2882. 2883-2884. 2885-2886. 2887-2888. 2889-2890. 2891-2892. 2893-2894. 2895-2896. 2897-2898. 2899-2900. 2901-2902. 2903-2904. 2905-2906. 2907-2908. 2909-2910. 2911-2912. 2913-2914. 2915-2916. 2917-2918. 2919-2920. 2921-2922. 2923-2924. 2925-2926. 2927-2928. 2929-2930. 2931-2932. 2933-2934. 2935-2936. 2937-2938. 2939-2940. 2941-2942. 2943-2944. 2945-2946. 2947-2948. 2949-2950. 2951-2952. 2953-2954. 2955-2956. 2957-2958. 2959-2960. 2961-2962. 2963-2964. 2965-2966. 2967-2968. 2969-2970. 2971-2972. 2973-2974. 2975-2976. 2977-2978. 2979-2980. 2981-2982. 2983-2984. 2985-2986. 2987-2988. 2989-2990. 2991-2992. 2993-2994. 2995-2996. 2997-2998. 2999-3000. 3001-3002. 3003-3004. 3005-3006. 3007-3008. 3009-3010. 3011-3012. 3013-3014. 3015-3016. 3017-3018. 3019-3020. 3021-3022. 3023-3024. 3025-3026. 3027-3028. 3029-3030. 3031-3032. 3033-3034. 3035-3036. 3037-3038. 3039-3040. 3041-3042. 3043-3044. 3045-3046. 3047-3048. 3049-3050. 3051-3052. 3053-3054. 3055-3056. 3057-3058. 3059-3060. 3061-3062. 3063-3064. 3065-3066. 3067-3068. 3069-3070. 3071-3072. 3073-3074. 3075-3076. 3077-3078. 3079-3080. 3081-3082. 3083-3084. 3085-3086. 3087-3088. 3089-3090. 3091-3092. 3093-3094. 3095-3096. 3097-3098. 3099-3100. 3101-3102. 3103-3104. 3105-3106. 3107-3108. 3109-3110. 3111-3112. 3113-3114. 3115-3116. 3117-3118. 3119-3120. 3121-3122. 3123-3124. 3125-3126. 3127-3128. 3129-3130. 3131-3132. 3133-3134. 3135-3136. 3137-3138. 3139-3140. 3141-3142. 3143-3144. 3145-3146. 3147-3148. 3149-3150. 3151-3152. 3153-3154. 3155-3156. 3157-3158. 3159-3160. 3161-3162. 3163-3164. 3165-3166. 3167-3168. 3169-3170. 3171-3172. 3173-3174. 3175-3176. 3177-3178. 3179-3180. 3181-3182. 3183-3184. 3185-3186. 3187-3188. 3189-3190. 3191-3192. 3193-3194. 3195-3196. 3197-3198. 3199-3200. 3201-3202. 3203-3204. 3205-3206. 3207-3208. 3209-3210. 3211-3212. 3213-3214. 3215-3216. 3217-3218. 3219-3220. 3221-3222. 3223-3224. 3225-3226. 3227-3228. 3229-3230. 3231-3232. 3233-3234. 3235-3236. 3237-3238. 3239-3240. 3241-3242. 3243-3244. 3245-3246. 3247-3248. 3249-3250. 3251-3252. 3253-3254. 3255-3256. 3257-3258. 3259-3260. 3261-3262. 3263-3264. 3265-3266. 3267-3268. 3269-3270. 3271-3272. 3273-3274. 3275-3276. 3277-3278. 3279-3280. 3281-3282. 3283-3284. 3285-3286. 3287-3288. 3289-3290. 3291-3292. 3293-3294. 3295-3296. 3297-3298. 3299-3300. 3301-3302. 3303-3304. 3305-3306. 3307-3308. 3309-3310. 3311-3312. 3313-3314. 3315-3316. 3317-3318. 3319-3320. 3321-3322. 3323-3324. 3325-3326. 3327-3328. 3329-3330. 3331-3332. 3333-3334. 3335-3336. 3337-3338. 3339-3340. 3341-3342. 3343-3344. 3345-3346. 3347-3348. 3349-3350. 3351-3352. 3353-3354. 3355-3356. 3357-3358. 3359-3360. 3361-3362. 3363-3364. 3365-3366. 3367-3368. 3369-3370. 3371-3372. 3373-3374. 3375-3376. 3377-3378. 3379-3380. 3381-3382. 3383-3384. 3385-3386. 3387-3388. 3389-3390. 3391-3392. 3393-3394. 3395-3396. 3397-3398. 3399-3400. 3401-3402. 3403-3404. 3405-3406. 3407-3408. 3409-3410. 3411-3412. 3413-3414. 3415-3416. 3417-3418. 3419-3420. 3421-3422. 3423-3424. 3425-3426. 3427-3428. 3429-3430. 3431-3432. 3433-3434. 3435-3436. 3437-3438. 3439-3440. 3441-3442. 3443-3444. 3445-3446. 3447-3448. 3449-3450. 3451-3452. 3453-3454. 3455-3456. 3457-3458. 3459-3460. 3461-3462. 3463-3464. 3465-3466. 3467-3468. 3469-3470. 3471-3472. 3473-3474. 3475-3476. 3477-3478. 3479-3480. 3481-3482. 3483-3484. 3485-3486. 3487-3488. 3489-3490. 3491-3492. 3493-3494. 3495-3496. 3497-3498. 3499-3500. 3501-3502. 3503-3504. 3505-3506. 3507-3508. 3509-3510. 3511-3512. 3513-3514. 3515-3516. 3517-3518. 3519-3520. 3521-3522. 3523-3524. 3525-3526. 3527-3528. 3529-3530. 3531-3532. 3533-3534. 3535-3536. 3537-3538. 3539-3540. 3541-3542. 3543-3544. 3545-3546. 3547-3548. 3549-3550. 3551-3552. 3553-3554. 3555-3556. 3557-3558. 3559-3560. 3561-3562. 3563-3564. 3565-3566. 3567-3568. 3569-3570. 3571-3572. 3573-3574. 3575-3576. 3577-3578. 3579-3580. 3581-3582. 3583-3584. 3585-3586. 3587-3588. 3589-3590. 3591-3592. 3593-3594. 3595-3596. 3597-3598. 3599-3600. 3601-3602. 3603-3604. 3605-3606. 3607-3608. 3609-3610. 3611-3612. 3613-3614. 3615-3616. 3617-3618. 3619-3620. 3621-3622. 3623-3624. 3625-3626. 3627-3628. 3629-3630. 3631-3632. 3633-3634. 3635-3636. 3637-3638. 3639-3640. 3641-3642. 3643-3644. 3645-3646. 3647-3648. 3649-3650. 3651-3652. 3653-3654. 3655-3656. 3657-3658. 3659-3660. 3661-3662. 3663-3664. 3665-3666. 3667-3668. 3669-3670. 3671-3672. 3673-3674. 3675-3676. 3677-3678. 3679-3680. 3681-3682. 3683-3684. 3685-3686. 3687-3688. 3689-3690. 3691-3692. 3693-3694. 3695-3696. 3697-3698. 3699-3700. 3701-3702. 3703-3704. 3705-3706. 3707-3708. 3709-3710. 3711-3712. 3713-3714. 3715-3716. 3717-3718. 3719-3720. 3721-3722. 3723-3724. 3725-3726. 3727-3728. 3729-3730. 3731-3732. 3733-3734. 3735-3736. 3737-3738. 3739-3740. 3741-3742. 3743-3744. 3745-3746. 3747-3748. 3749-3750. 3751-3752. 3753-3754. 3755-3756. 3757-3758. 3759-3760. 3761-3762. 3763-3764. 3765-3766. 3767-3768. 3769-3770. 3771-3772. 3773-3774. 3775-3776. 3777-3778. 3779-3780. 3781-3782. 3783-3784. 3785-3786. 3787-3788. 3789-3790. 3791-3792. 3793-3794. 3795-3796. 3797-3798. 3799-3800. 3801-3802. 3803-3804. 3805-3806. 3807-3808. 3809-3810. 3811-3812. 3813-3814. 3815-3816. 3817-3818. 3819-3820. 3821-3822. 3823-3824. 3825-3826. 3827-3828. 3829-3830. 3831-3832. 3833-3834. 3835-3836. 3837-3838. 3839-3840. 3841-3842. 3843-3844. 3845-3846. 3847-3848. 3849-3850. 3851-3852. 3853-3854. 3855-3856. 3857-3858. 3859-3860. 3861-3862. 3863-3864. 3865-3866. 3867-3868. 3869-3870. 3871-3872. 3873-3874. 3875-3876. 3877-3878. 3879-3880. 3881-3882. 3883-3884. 3885-3886. 3887-3888. 3889-3890. 3891-3892. 3893-3894. 3895-3896. 3897-3898. 3899-3900. 3901-3902. 3903-3904. 3905-3906. 3907-3908. 3909-3910. 3911-3912. 3913-3914. 3915-3916. 3917-3918. 3919-3920. 3921-3922. 3923-3924. 3925-3926. 3927-3928. 3929-3930. 3931-3932. 3933-3934. 3935-3936. 3937-3938. 3939-3940. 3941-3942. 3943-3944. 3945-3946. 3947-3948. 3949-3950. 3951-3952. 3953-3954. 3955-3956. 3957-3958. 3959-3960. 3961-3962. 3963-3964. 3965-3966. 3967-3968. 3969-3970. 3971-3972. 3973-3974. 3975-3976. 3977-3978. 3979-3980. 3981-3982. 3983-3984. 3985-3986. 3987-3988. 3989-3990. 3991-3992. 3993-3994. 3995-3996. 3997-3998. 3999-4000. 4001-4002. 4003-4004. 4005-4006. 4007-4008. 4009-4010. 4011-4012. 4013-4014. 4015-4016. 4017-4018. 4019-4020. 4021-4022. 4023-4024. 4025-4026. 4027-4028. 4029-4030. 4031-4032. 4033-4034. 4035-4036. 4037-4038. 4039-4040. 4041-4042. 4043-4044. 4045-4046. 4047-4048. 4049-4050. 4051-4052. 4053-4054. 4055-4056. 4057-4058. 4059-4060. 4061-4062. 4063-4064. 4065-4066. 4067-4068. 4069-4070. 4071-4072. 4073-4074. 4075-4076. 4077-4078. 4079-4080. 4081-4082. 4083-4084. 4085-4086. 4087-4088. 4089-4090. 4091-4092. 409

F. A. FOREL.— Seiches du Léman.









RECHERCHES

SUR

les organes sensitifs qui se trouvent dans
l'épiderme du protée et de l'axolotl

PAR

Ed. BUGNION.

(Planches XI à XVI.)

*1. Distribution des organes sensitifs chez le Protée.*
(Pl. XI.)

Si l'on examine avec attention la tête d'un protée dans le voisinage des narines, le long des lèvres ou dans la région temporale, on remarque sur l'épiderme des séries de points enfoncés qui sont réunis le plus souvent par petits groupes de trois ou quatre les uns à la suite des autres. Chacun de ces points marque l'emplacement de l'un des singuliers organes sensitifs qui ont été l'objet de nos observations. Ils n'ont guères que $\frac{1}{10}$ de millim. de diamètre, mais leur petitesse est largement compensée par leur nombre, que l'on peut évaluer à 1500 environ chez un exemplaire adulte. Chacun d'eux se compose d'un faisceau de cellules allongées qui occupent toute l'épaisseur de l'épiderme et dont les prolongements en forme de bâtonnets se trouvent en contact avec l'eau par un orifice spécial, ménagé dans la cuticule. Ces organes sont placés sur le trajet des nerfs, et quoiqu'il soit très difficile de voir leur

connexion directe avec les filets nerveux, il est hors de doute que l'on a affaire ici à des terminaisons nerveuses d'une nature particulière.

La première mention d'organes analogues à ceux qui nous occupent date de 1851 ; ce sont les *organes cyathiformes* (becherförmige Organe), découverts par M. Leydig dans l'épiderme et sur la muqueuse buccale des poissons. ⁽¹⁾ M. F.-E. Schulze reconnut plus tard leur identité avec les *organes du goût*. ⁽²⁾ C'est à ce dernier auteur que l'on doit encore la découverte chez les têtards et les larves de tritons d'autres organes sensitifs qui diffèrent, sous plusieurs rapports des organes cyathiformes et que l'on nomme à cause de leur distribution *Organes de la ligne latérale* ou *organes latéraux*, (Seitenorgane). ⁽³⁾ Ce qui ajoute à leur intérêt, c'est qu'on les retrouve dans l'épiderme des jeunes poissons ; mais qu'au lieu de persister chez eux sous cette forme, ils subissent une métamorphose (Schulze) ; bientôt, en effet, ils sont recouverts par les canaux mucipares et se transforment en un autre ordre d'organes, que l'on peut appeler *boutons nerveux de Leydig* (Nervenknöpfe). Schulze observa aussi les organes latéraux chez le *Melopoma alleghanense* et prévint leur existence chez les Pérennibranches. Nous verrons plus bas que les organes sensitifs du protéé et de l'axalotl rappellent les organes

⁽¹⁾ Ueb. die Haut einiger Süßwasserfische. Zeits. f. w. Zool. III. 1851. 3.

⁽²⁾ Die becherförmigen Organe der Fische. Zeits. f. w. Zool. XII. 1863. 218.

⁽³⁾ Ueb. die Nervenendigungen in den sog. Schleimcanälen der Fische u. üb. entsprechende Organe der durch Kiemen athm. Amphibien. Archiv f. Anatomie u. Phys. 1861. 759.

— Ueb. d. Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen u. Amphibien. Schultze, Archiv f. mikr. Anat. VI. 1870. 62.

latéraux du têtard par leur distribution, mais que leur structure les rapproche davantage des organes cyathiformes et des organes du goût. Nous continuerons donc à nous servir du terme d'*organes sensitifs*, afin de ne rien préjuger sur leur nature.

Pour bien suivre leur distribution chez le protée, il faut maintenir sous l'eau un exemplaire durci à l'alcool et l'observer à la loupe. Leurs emplacements se voient alors comme de petites fossettes oblongues ou arrondies et se distinguent assez bien des orifices des glandes cutanées ⁽⁴⁾ aux caractères suivants : les glandes du protée ne sont point réunies par groupes et ne se suivent jamais en lignes serrées comme les organes sensitifs, mais sont éparées sur toute la peau ; de plus, au lieu de s'ouvrir au fond de petites fossettes, les conduits des glandes viennent aboutir exactement à la surface de l'épiderme ; enfin leur orifice a un contour parfaitement rond, beaucoup plus net que celui des organes sensitifs.

Quelquefois plusieurs organes sensitifs se trouvent réunis au fond d'un léger sillon rectiligne, qui est déjà reconnaissable sur le vivant, mais qui s'accuse davantage encore sur les exemplaires durcis à l'alcool. On en voit, par exemple, un assez grand nombre sur le dessous de la tête, au devant des fentes branchiales (Pl. XI, fig. 3, t.), puis sur les flancs, où ils forment une *ligne latérale* qui correspond à celle des poissons, des têtards, des larves de salamandres et de tritons, etc. Comme chez la plupart de ces animaux, elle est placée au tiers supérieur du côté du corps et se prolonge jusqu'à l'extrémité de la queue. Sauf quelques groupes épars sur la nuque, je

(4) Voyez : glandes cutanées du protée, appendice p. 51.

n'ai pas observé d'organes sensitifs ailleurs qu'à la tête et dans la ligne latérale. J'omets à dessein de parler ici des organes spéciaux du goût qui se trouvent sur les papilles de la langue et du palais, parce que leur identité avec ceux de l'épiderme n'est pas démontrée.

Les petites séries linéaires de trois ou quatre organes sensitifs se suivent souvent bout à bout et forment ainsi des lignes régulières qui courent dans le sens de la direction des nerfs. Cette disposition paraît caractéristique pour le protée, et on ne la retrouve nullement chez l'axolotl. Il est rare de voir chez le protée deux organes sensitifs juxtaposés, et l'intervalle qui les sépare équivaut au moins au grand diamètre de l'un d'eux, c'est-à-dire à $\frac{1}{10}$ de millimètre environ. En dehors des lignes droites qui suivent la direction des nerfs, on remarque quelquefois d'autres groupes obliques qui semblent répondre à leurs ramifications. C'est ainsi que dans la ligne latérale on en trouve souvent quelques-uns qui divergent du côté dorsal (fig. 2, 1), mais ils sont bien plus nombreux au côté externe des lignes divergentes qui se trouvent sous la tête. Sur les dernières ramifications des nerfs, au voisinage des narines, par exemple, là où le trijumeau distribue ses innombrables filets à la peau de la lèvre, les organes sensitifs ne forment plus de séries régulières, mais se groupent pêle-mêle en amas serrés.

Si nous suivons maintenant la distribution de ces organes à l'aide de la loupe, en commençant par le dessous de la tête ⁽⁵⁾, nous remarquons d'abord, de chaque côté de la

(5) Cette description et les fig. de Pl. XI ont été faites d'après un magnifique exemplaire fem. qui mesurait 27 cent. de longueur. Nous l'avons gardé plus d'un an et demie en captivité ; il ne mangeait presque pas, tandis que d'autres individus plus petits que nous avons en ce moment font une énorme consommation de larves rouges de *Chironomus*.

ligne médiane, deux séries régulières qui courent d'avant en arrière en s'écartant un peu l'une de l'autre (ld, lignes divergentes, fig. 3). Elles commencent sur les branches de la mâchoire inférieure, à 2^{mm} en arrière de la lèvre, et se terminent au devant des fentes branchiales après avoir décrit un coude bien marqué. Leur écartement est de 1 $\frac{1}{2}$ ^{mm} près du museau et de 7 $\frac{1}{2}$ ^{mm} à l'endroit où elles se coudent. Ces lignes sont formées par une série d'environ 22 petits groupes qui renferment chacun 2 ou 3 organes sensitifs ou même davantage. En dehors de chacun d'eux se trouve un autre groupe oblique, tandis qu'en dedans il n'y en a pas. L'espace compris entre les deux lignes divergentes ne renferme donc pas d'organes sensitifs. J'ai compté sur l'une des lignes, y compris les groupes obliques, environ 126 de ces points enfoncés qui marquent leurs emplacements.

Une série de 24 points se voit de chaque côté sur le bord de la lèvre inférieure (m, série marginale, fig. 2 et 3); puis entre cette série marginale et la ligne divergente se trouvent encore quelques groupes épars qui deviennent plus serrés à mesure qu'on approche du museau. D'autres se voient en arrière de la commissure des lèvres, au voisinage de l'articulation de la mâchoire (am, fig. 3); des séries irrégulières le relie à un amas très serré qui s'étale sur la lèvre supérieure derrière la narine (gnp, groupe nasal postérieur, fig. 2 et 3).

Sur la région latérale de la tête les organes sensitifs se cachent au fond de petits sillons obliques qui convergent vers la commissure des lèvres; il en est de même sur le dessous de la tête, au devant des deux fentes branchiales, mais la peau de notre exemplaire était trop ridée en cet endroit pour qu'on pût voir distinctement les orifices à la loupe (t, fig. 3).

Le dessus de la tête est beaucoup moins bien fourni d'organes sensitifs que le dessous ; on ne voit, par exemple, sur le front que quelques groupes épars placés au devant des branchies. Plus près du museau se trouvent deux lignes clair-semées qui s'étalent sur la lèvre supérieure et se terminent par un amas serré (gna, groupe nasal antérieur, fig. 1) en dessus et en dedans des narines.

La lèvre supérieure n'a pas de série marginale, mais on y trouve, derrière la narine, les ramifications du groupe nasal postérieur, et au bout du museau les organes sensitifs sont assez nombreux pour qu'on ne manque pas d'en obtenir quelques-uns, si l'on détache une lamelle d'épiderme en cet endroit à l'aide du rasoir ou de ciseaux courbés. C'est le moyen le plus commode d'enlever ces organes au protée vivant sans lui faire grand mal. L'animal se retire vivement en arrière quand le tranchant vient à entamer les riches plexus nerveux de la lèvre supérieure, mais il se remet bientôt de sa surprise et la petite plaie se cicatrise rapidement.

La *ligne latérale* (fig. 2, 1) commence en arrière de l'épaule, là où le nerf latéral devient superficiel après avoir passé sous l'omoplate ; mais quelques groupes épars qui se trouvent sur la nuque la prolongent souvent jusqu'à la tête. En arrière on peut la suivre, au moins chez les jeunes exemplaires, jusqu'à l'extrémité de la queue. Elle est formée d'une série de traits blanchâtres ou de légers sillons, dans lesquels sont placés les organes sensitifs. Leur aspect, un peu plus opaque que l'ensemble de l'épiderme, permet de les distinguer à l'œil nu. Sur les individus durcis à l'alcool, ces traits sont encore mieux accusés et l'on peut discerner les organes sensitifs qu'ils renferment, comme autant de points enfoncés. La ligne latérale suit

le nerf du même nom, à l'intersection des masses musculaires du ventre et du dos; il faut la chercher au tiers supérieur du corps ou un peu au-dessus de la ligne médiane. A son origine derrière l'omoplate, elle se trouve presque à la hauteur de la troisième branchie (la plus interne); sur la queue, elle monte obliquement et se rapproche du bord inférieur de la crête dorsale. Près de la tête les traits sont très serrés; à mesure qu'on s'en éloigne, ils s'écartent davantage; mais ils s'allongent en proportion et renferment un plus grand nombre d'organes sensitifs.

Chez un jeune protége long de 18 $\frac{1}{2}$ cent., j'ai compté 30 traits dans la ligne latérale droite; la queue seule en avait 9. Le plus long mesurait 1 $\frac{1}{2}$ mm et contenait huit organes sensitifs, tandis que la plupart des autres n'en avaient que trois ou quatre. En somme, la ligne entière en renfermait environ 75 et la portion caudale seule 37. Les exemplaires adultes ne m'ont paru avoir de ligne latérale bien fournie que dans le tiers antérieur du corps; celui que j'ai figuré sur la pl. XI, n'avait plus à la partie postérieure du tronc et à la queue que quelques groupes clairsemés. Outre la série régulière, il y avait quelques traits obliques du côté du dos (fig. 2).

2. *Distribution des organes sensitifs chez l'Axolotl.* (Pl. XII, fig. 1 et 2.)

Chez l'axolotl il est beaucoup plus difficile de découvrir les emplacements des organes sensitifs à cause de l'abondance du pigment, mais ils n'en existent pas moins en grand nombre sur les deux faces de la tête, dans le voisinage des lèvres et des yeux. Les jeunes exemplaires ont en outre une ligne latérale qui se trouve comme celle des têtards à la base de la crête dorsale. Chez de plus gros

individus âgés de $1\frac{1}{2}$ an, et qui mesuraient déjà 16 et 17 cent. nous n'en avons plus retrouvé de trace. Il est donc probable que la ligne latérale de l'axolotl s'atrophie dans le cours de la deuxième année. La figure 1 est dessinée d'après un jeune exemplaire de $4\frac{1}{2}$ mois, qui n'avait que $12\frac{1}{2}$ cent. de longueur. Il avait encore complètement l'apparence d'une larve de salamandre avec des branchies et des crêtes très développées. En l'examinant attentivement sous l'eau avec la loupe, on pouvait voir assez nettement les emplacements des organes sensitifs sur la face dorsale de la tête. Ils paraissaient sur le fond grisâtre et mou-cheté de taches jaunes et noires, comme de petits points ovales, blancs et bordés de noir. Le bord noir est dû à la disposition des cellules à pigment noir qui entourent chacun de ces organes de leurs longues ramifications. Chez les grands exemplaires foncés il devient presque impossible de reconnaître les emplacements à la loupe, aussi dans la figure 2, la distribution des organes sensitifs sur le dessous de la tête a-t-elle été faite d'après des lamelles d'épiderme observées au microscope et reportées ensuite à l'endroit où elles avaient été coupées. On remarque, il est vrai, auprès des lèvres de petits sillons transverses qui indiquent souvent la position des organes, mais la peau est trop rugueuse pour qu'on puisse les distinguer sûrement. En somme, leur distribution n'est point aussi régulière que chez le protégé; il n'est plus question ici de ces petites séries de trois ou quatre points enfoncés qui se distinguent si nettement des orifices des glandes; les organes sensitifs de l'axolotl sont tantôt épars tantôt serrés les uns contre les autres. Quelquefois ils forment de petits groupes de 4 à 6, dans lesquels ils sont juxtaposés au lieu de se suivre bout à bout comme ceux du protégé.

Les amas les plus serrés se trouvent en dedans et en dessous des yeux sur la région qui répond de chaque côté au canal nasal et entre deux presque jusqu'à la ligne médiane. D'autres groupes moins nombreux sont placés au dessus et en dehors des orbites, ainsi qu'à la région temporale jusqu'à l'insertion des branchies. Le long de la lèvre supérieure ils sont assez clair-semés.

Au dessous de la tête il faut chercher les organes sensitifs dans le voisinage de la lèvre inférieure et sur les côtés. J'en ai compté 81 sur une lamelle d'épiderme longue de 1 cent. et large de $\frac{1}{2}$ cent. qui avait été coupée en cet endroit. Ils étaient répartis en 14 groupes dont les externes étaient placés longitudinalement et les internes en travers, de même que les branches du facial et du trijumeau qui se croisent dans cette région. (Pl. XII, fig. 2.)

La *ligne latérale* longe les deux côtés de la queue, à la base de la crête dorsale. Sur le jeune exemplaire représenté par la figure 1, elle se composait de 16 fossettes arrondies, larges de $\frac{1}{2}$ mm. environ, parfaitement visibles à l'œil nu et dont chacune renfermait un petit nombre d'organes sensitifs. Elles m'avaient échappé quand j'observai l'animal vivant. Peut-être se creusent-elles davantage ensuite de la rétraction que l'alcool fait subir aux tissus, par le fait que l'épiderme adhère davantage au chorion dans le voisinage immédiat des organes sensitifs que dans les autres parties. Dans chaque fossette on pouvait distinguer à la loupe les emplacements de trois ou quatre organes sensitifs qui paraissaient de même qu'à la tête comme de petits points blancs bordés d'un cercle noir. La ligne latérale se terminait en avant à 1 cent. derrière la racine du membre postérieur. Je crois que sur des exemplaires plus jeunes encore, on la retrouverait

comme chez les têtards et chez les larves de salamandres ou de tritons sur toute la longueur du dos et de la queue.

3. *Structure microscopique.*

Les organes sensitifs du protée et de l'axolotl sont constitués par un faisceau de cellules allongées, dont l'ensemble a la forme d'un cône tronqué et rappelle un peu le bouton de certaines fleurs, celui d'une centaurée, par exemple, au moment de s'ouvrir. Ils sont entièrement enfermés dans des lacunes en forme de cloche qui leur sont ménagées dans l'épiderme et ne sont en contact avec l'eau qui baigne l'animal que par un petit orifice. Cette ouverture correspond au sommet du cône et constitue une interruption dans la cuticule. Ils ne font pas de proéminence sur l'épiderme comme les organes latéraux des têtards et ne sont pas non plus portés sur des papilles comme les organes cyathiformes des poissons ou les organes du goût ; leur base repose immédiatement sur le chorion, tandis que leur extrémité supérieure atteint à peu près la surface de la peau et se compose d'une quantité de bâtonnets qui se terminent tous au même niveau, un peu en-dessous de l'orifice cuticulaire.

Le faisceau lui-même comprend un groupe central ou *cône intérieur* formé de cellules fortement réfringentes, dont les supérieures ont une forme de poire plus ou moins accusée ; nous les désignerons sous le nom de *cellules pyriformes*. (Pl. XIII, fig. 1, p, fig. 2. Pl. XIV, fig. 2, p, fig. 5 à 7, p.) Dans la partie inférieure du cône central et autour de lui, se trouvent des cellules plus allongées qui se prolongent en une longue pointe effilée et que nous nommons à cause de cela *cellules-à-bâtonnet*. (Pl. XIII, fig. 1, a, fig. 3-6, 13, 14. Pl. XIV, fig. 5, a et b.) Ces

deux catégories de cellules sont probablement de nature nerveuse et peuvent être réunies sous le nom collectif de *cellules sensibles* ou *nervo-épithéliums*. Autour d'elles viennent encore plusieurs rangées de *cellules fusiformes*, qui paraissent destinées à soutenir les bâtonnets délicats des cellules sensibles. (Pl. XIII, fig. 10-12. Pl. XIV, fig. 2, f, 4, 6, f, 9) et enfin des *cellules tectrices* qui recouvrent le tout. (Pl. XIII, fig. 7-9, 17-19. Pl. XIV, fig. 14.) Nous avons donc à distinguer :

1. Des *cellules-à-bâtonnet*
2. Des *cellules pyriformes*
3. Des *cellules fusiformes* ou *cellules-soutien*.
4. Des *cellules tectrices*.

Ces éléments divers s'obtiennent facilement isolés quand la préparation a macéré de deux à cinq jours dans la liqueur de Müller. (*) Avec quelques précautions on réussit également à les détacher à l'aide d'aiguilles très fines de lamelles d'épiderme que l'on vient d'enlever à l'animal vivant.

Quoique la structure des organes sensitifs soit assez semblable chez nos deux espèces, nous décrirons d'abord isolément les cellules que nous avons observées chez le protée, et nous reviendrons ensuite brièvement sur quelques particularités que présentent celles de l'axolotl.

Cellules isolées des organes sensitifs du protée. (Pl. XIII.)

Les *cellules-sensitives-à-bâtonnet* sont les plus nombreuses ; elles ont à leur base un corps cellulaire ovale ou arrondi, presque entièrement rempli par un noyau de même forme, et se prolongent vers le haut en un long

(*) Bichromate de potasse 2 à 2 1/2 grammes. Sulfate de soude
1. Eau distillée 100.

bâtonnet plus ou moins effilé. A leur extrémité inférieure ces cellules sont probablement en connexion avec des filets très fins provenant des nerfs qui cheminent dans le derme, mais je n'ai jamais retrouvé comme vestige de ces éléments délicats que quelques dentelures irrégulières ou bien un ou deux filaments dont la longueur équivalait à peine à celle du corps cellulaire. Les cellules de la figure 6 (Pl. XIII.) qui proviennent d'un protée adulte, mesuraient avec leur filament basilaire jusqu'à $0,120^{\text{mm}}$; leur bâtonnet était long de $0,09^{\text{mm}}$.

Chez les jeunes animaux la dimension de ces cellules diminue en raison de l'épaisseur moindre de l'épiderme et ne dépasse guère $0,080$ à $0,090^{\text{mm}}$.

La forme des bâtonnets varie beaucoup; quelquefois ils sont très effilés et leur extrémité est si grêle qu'on a peine à la distinguer et que le moindre mouvement du liquide suffit pour la faire onduler de côté et d'autre. Sur une préparation fraîche où se trouvaient quelques faisceaux bien isolés, je vis un groupe d'une vingtaine de cellules dont les bâtonnets étaient presque filiformes comme ceux que je viens de décrire; deux d'entre elles sont exactement représentées par la fig. 3; leurs bâtonnets aplatis et rubannés à la base et très effilés vers le haut ont $0,060^{\text{mm}}$ de longueur: ils renferment quelques gouttelettes jaunâtres; les noyaux sont plus fortement granulés, ovales, longs de $0,015^{\text{mm}}$ et remplissent si bien le corps cellulaire, qu'on ne peut pas distinguer de zone de protoplasma autour d'eux. En-dessous ils portent encore un petit filet très mince qui n'a que $0,015^{\text{mm}}$ de longueur et se termine par une goutte brillante. D'autres fois les bâtonnets sont plus épais et l'on distingue à leur

bout supérieur, qui est tronqué assez carrément, un poil conique presque imperceptible. (Fig. 5.)

L'aspect des cellules sensibles varie beaucoup suivant le liquide dans lequel on les observe : dans la liqueur de Müller, le contenu du noyau se coagule immédiatement et s'éloigne des parois, il forme une masse irrégulière composée de gouttelettes et de granules jaunâtres assez brillants ; le bâtonnet est plus pâle, finement granulé et présente des traînées de petites gouttes jaunâtres qui peuvent faire l'impression de fibrilles très fines ; mais je n'ai jamais vu les bâtonnets se diviser réellement en fibrilles, et je crois que ce n'est là qu'une illusion. D'autrefois les bâtonnets sont brillants et à peine granulés.

Dans l'acide acétique concentré le protoplasma du noyau se coagule en une masse irrégulière et le bâtonnet devient d'un gris pâle parfaitement homogène. Dans la solution diluée (1 : 900) d'acide osmique, c'est l'opposé, le bâtonnet reste finement ponctué, tandis que le nucleus devient d'un gris très pâle sans trace de granules sauf un ou deux nucléoles arrondis et très brillants. Enfin, dans le serum iodé les noyaux sont à peine granulés, brillants, à contour très net et les prolongements plus pâles que dans la liqueur de Müller.

Sur des cellules complétement isolées on ne distingue presque plus le poil terminal ; l'extrémité du bâtonnet paraît quelquefois ouverte et remplie d'un protoplasma jaune et brillant. Au bout d'une ou deux heures et lors même que le couvre-objet est soutenu par une bande de papier, on trouve la plupart des bâtonnets aplatis et déformés ; leurs contours sont si pâles qu'on ne peut presque plus les tracer. Ces caractères sont assez semblables à ceux d'une catégorie de cellules que M. Engelmann a isolées des

organes gustatifs des amphibiens et qu'il appelle *Cylinderezellen* ⁽⁷⁾; seulement il ne les considère pas comme sensitives.

Outre les éléments que nous venons de décrire et dont le corps cellulaire renflé repose sur le derme et occupe ainsi la portion inférieure de l'organe sensitif, on remarque au milieu du faisceau une vingtaine de cellules dont les noyaux se trouvent plus haut que ceux des précédentes et qui forment un groupe à part placé à la moitié ou même au deux tiers de la hauteur. Elles correspondent évidemment aux cellules *pyriformes* que M. Langerhans ⁽⁸⁾ a observées dans les organes latéraux des larves de salamandres et dont l'ensemble peut être comparé, suivant son expression, à un petit cône qui serait enfermé au milieu des autres cellules; nous désignons ce groupe par le nom de *cône intérieur*. On en voit une portion sur le fragment isolé dessiné sur la pl. XIII, fig. 5; mais il faut recourir à des coupes horizontales et verticales pour bien comprendre la position qu'il occupe.

La fig. 1 représente deux cellules du cône intérieur à côté d'une cellule sensitive plus allongée; le nom de pyriforme leur convient moins bien qu'à celles de l'axolotl parce qu'elles ont un col trop long pour pouvoir être comparées à une poire; mais à la fig. 2 j'en ai dessiné une autre qui ne le cède en rien aux vraies pyriformes. La dimension ordinaire de ces cellules est de 0,030 à 0,050; elles se distinguent des autres cellules sensitives par un noyau ordinairement plus gros et plus arrondi, à

(7) Stricker. Gewebelehre, 833.

(8) Ueb. d. Haut der Larve v. Salamandra maculosa. Archiv f. mikr. A. IX. 745.

la base duquel on voit briller 2 ou 3 granules dorés. Le col n'est jamais si effilé et se termine en haut par un petit cercle brillant. Toute la cellule est remplie d'un protoplasma jaunâtre fortement réfringent qui lui donne un contour très net et un reflet particulier. C'est grâce à cette propriété que l'on distingue si bien sur une lamelle d'épiderme fraîche les cellules du cône intérieur qui brillent au travers des cellules superficielles.

Le pourtour du faisceau est formé de *cellules fusiformes* qui n'ont probablement qu'un rôle de soutien et de protection. Ce sont presque les seules que l'on voie sur un organe sensitif isolé en entier.

Elles sont, le plus souvent, un peu courbées sur elles-mêmes, de manière à admettre d'autres cellules dans leur concavité et forment ainsi plusieurs rangées qui revêtent l'organe sensitif, en présentant leur convexité en dehors. Je ne sais si quelques-unes d'entre elles s'entremêlent aux cellules sensibles du faisceau intérieur, pour soutenir leurs bâtonnets délicats. Tout à fait isolées, elles sont quelquefois difficiles à distinguer des cellules sensibles qui ont perdu leur filament basilaire ou le bout effilé de leur bâtonnet. On peut, cependant, reconnaître les cellules-soutien à leur renflement en fuseau qui est placé plus haut que celui des cellules sensibles et à leurs deux appendices brillants, homogènes, d'apparence cornée. Le renflement ou corps cellulaire se trouve au tiers ou à la moitié de la hauteur et est généralement plus allongé, plus fusiforme que celui des cellules sensibles ; il est presque rempli par un noyau granuleux. La cellule entière a un contour net et rigide ; ses deux appendices sont épais, cylindriques ou aplatis ; l'inférieur est tantôt dentelé, tantôt terminé par une petite massue.

Nous verrons, au § 4, qu'en traitant l'épiderme vivant par le nitrate d'argent, on peut distinguer dans l'orifice des organes sensitifs un grand nombre de facettes polygonales qui semblent être les extrémités des cellules fusiformes. Les facettes plus grandes qui entourent l'ouverture ne sont autre chose que l'épaississement cuticulaire des *cellules tectrices*. Celles-ci appartiennent complètement à l'épiderme et circonscrivent les lacunes en forme de cloche, dans lesquelles sont placés les organes sensitifs. Ces lacunes se voient nettement quand la peau a macéré dans la liqueur de Müller et que les organes sensitifs se sont détachés comme autant de petits faisceaux. Les cellules tectrices de la couche profonde sont allongées et souvent munies, à leur base, d'un petit pied dentelé qui les unit fortement au derme. Celles de la couche superficielle sont aplaties, courbées en forme de croissant et munies d'expansions dentelées qui les soudent étroitement les unes aux autres.

Cellules isolées des organes sensitifs de l'axolotl. (Pl. XIV.)

Les cellules-à-bâtonnet diffèrent peu de celles du protée; les unes ont un noyau arrondi (a, fig. 5), un bâtonnet filiforme et un contenu formé de gouttelettes jaunes et brillantes qui leur donnent l'aspect de cellules sensitives; les autres ont un corps cellulaire allongé en fuseau, un bâtonnet plus épais (b, fig. 5, 6, 7) et sont très difficiles à distinguer des cellules fusiformes (fig. 9).

Plusieurs d'entre elles ont une si grande analogie avec les cellules olfactives du même animal que j'ai pris long temps pour des cellules sensitives de l'épiderme un groupe d'éléments de la muqueuse nasale qui était venu, je ne sais comment, s'égarer au milieu des autres cellules.

Il est dessiné sur la pl. XIV, fig. 1, et peut servir de terme de comparaison. Ce n'est qu'après avoir cherché en vain dans les organes sensitifs des éléments tels que celui qui est désigné par *gr* et de longs filets comme ceux qui sont appendus à ces cellules, et après les avoir comparés avec des épithéliums de la muqueuse olfactive, que je reconnus mon erreur.

Les *cellules pyriformes* de l'axolotl se distinguent beaucoup mieux et ont un type bien plus marqué que celles du protée. Elles rappellent beaucoup les cellules ventrues et en forme de poire que M. Fr.-E. Schulze (*) a découvertes entre les épithéliums allongés et aplatis qui revêtent les boutons nerveux dits de Lëydig, dans les canaux mucipares des poissons et correspondent pour leur distribution à celles que M. Langerhans a trouvées dans le cône intérieur des organes latéraux chez les larves de Salamandre. Les figures 5, 6 et 7 représentent des groupes de divers éléments des organes sensitifs de l'axolotl, dans lesquels trois de ces cellules pyriformes (p) sont accolées aux autres cellules dans leur position naturelle ; une quatrième paraît avoir un peu chevauché. Elles ne mesurent que 0,023 à 0,030^{mm}. Quoique de moitié plus courtes que leurs voisines, elles vont se terminer au même niveau et se trouvent ainsi exclusivement dans la portion supérieure du faisceau ; nous verrons plus bas, sur des figures d'ensemble, qu'elles occupent le centre de l'organe sensitif. Comme leur nom l'indique, les cellules pyriformes ont un corps ventru en forme de poire ; il renferme un gros noyau granuleux, ar-

(*) Ueb. d. Sinnesorgane d. Seitenthinie. Archiv f. mikr. A. VI. 1870. 62.

rondi ou un peu ovale, long de 0,012 à 0,015^{mm} et qui le remplit presque entièrement. Vers le haut, la cellule se prolonge en un col assez épais et se termine par un petit cercle très brillant. Observées dans la solution salée à $\frac{1}{2}$ ‰, après une immersion de 48 heures dans la liqueur de Müller, ces cellules paraissent plus foncées et d'une teinte jaune plus accusée que les autres. La zone étroite de protoplasma qui entoure le noyau est encore plus fortement granulée que lui et renferme toujours des gouttelettes très réfringentes qui ressemblent à de la graisse. L'ensemble de la cellule a un reflet huileux d'un doré mat qui lui donne un aspect particulier.

La cellule pyriforme de la fig. 5 est surmontée d'un filament mal défini (t). Je n'ai pas pu m'assurer si c'était là un poil semblable à ceux que décrit M. Schulze sur les cellules analogues des poissons, ou si ce n'était qu'une trace de substance visqueuse échappée de l'intérieur. Le cercle brillant peut, en effet, être pris pour une ouverture et la cellule ressemblerait alors à une cellule muqueuse (Schein- ou Becherzelle). En remarquant cela, je ne prétends point assimiler les cellules pyriformes de l'axolotl aux cellules muqueuses que M. Leydig a découvertes dans les organes cyathiformes qui bordent la mâchoire de l'orvet et de la couleuvre⁽¹⁰⁾. Leur portion ventrue renferme le noyau et ne saurait, par conséquent, être prise pour la *theca*, d'une cellule muqueuse. M. Schulze a vu de gros tubes variqueux s'implanter dans les cellules ventrues des « boutons nerveux, » et quoique je n'aie pas été aussi heureux, l'analogie doit faire supposer que les cel-

(10) Zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen. Archiv. f. mikr. A. VIII. 1872. 317.

lules pyriformes sont de nature sensitive. Presque toujours l'extrémité inférieure de la cellule se terminait nettement par une large surface arrondie ; une seule fois, je vis la base s'effiler en pointe et, au bout de cette pointe se trouvaient deux points brillants indiquant peut-être l'insertion de deux tubes nerveux.

Les *cellules fusiformes et tectrices* sont semblables à celles du protée. Dans la ligne latérale d'un jeune individu j'en ai trouvé quelques-unes dont les appendices étaient extraordinairement longs et minces, évidemment plus longs que l'épaisseur de l'épiderme, et je ne m'explique pas bien comment elles étaient placées. L'une d'elles est représentée par la fig. 4. D'autres fois, au contraire, l'appendice périphérique s'élargit et prend un aspect membraneux. Il est clair qu'on doit trouver de nombreux intermédiaires entre les cellules tectrices et les épithéliums allongés qui forment, la couche profonde de l'épiderme.

4. *Orifice.* (Pl. XVI, fig. 1 à 3.)

Si l'on examine avec un grossissement de 350 diam., par exemple, une lamelle d'épiderme enlevée au protée vivant, dans une région où se trouvent des organes sensitifs, on les distingue assez nettement comme de petites rosettes qui sont entourées de plusieurs rangées de cellules tectrices en forme de croissant. Ces rosettes sont rondes ou ovales et se suivent, le plus souvent, sur la même ligne ; chez l'axolotl, elles ont une forme plus allongée et sont placées en groupes serrés les unes à côté des autres. Sur l'emplacement de chaque rosette on constate, en manœuvrant la vis, que la surface de l'épiderme se creuse légèrement en entonnoir et, au fond de cette

dépression, on distingue un orifice mal défini, qui constitue une interruption dans la cuticule.

Chez le protée, cet orifice est rond ou ovale ; chez l'axolotl, il s'allonge davantage, au point de n'être souvent qu'une fente étroite. Ce qui le rend peu distinct, c'est que les cellules qui l'entourent sont trop pâles et trop transparentes pour qu'on puisse voir nettement leurs contours ; avec des pièces durcies à l'alcool, on n'obtient guère de meilleur résultat.

Pour bien voir l'orifice et les cellules qui le limitent, il faut avoir recours au nitrate d'argent, qui a la propriété d'imprégner la substance intercellulaire et de marquer ainsi en brun le contour des épithéliums. Armé d'un rasoir ou de ciseaux courbés, on enlève une lamelle d'épiderme à l'animal vivant, dans une région riche en organes sensitifs ; on la transporte délicatement sur la lame de verre et on l'arrose de quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent au $\frac{1}{2}$ ‰. Après une demi-minute au plus, on la lave et on la porte sous le microscope dans l'eau distillée ou dans l'acide osmique (1 : 900), en ayant soin de soutenir le couvre-objet par une bande de papier. Cette préparation réussit mieux chez le protée que sur l'axolotl ; pour ce dernier animal, il faut choisir le moment où la mue⁽¹⁾ vient de s'effectuer.

A peine la lumière a-t-elle agi que le bord de l'orifice se dessine nettement ; à l'intérieur, on distingue une vingtaine de points brillants, parfaitement ronds, qui sont disposés quelquefois sur deux rangées régulières et qui ne sont autre chose que les extrémités des cellules pyriformes. Autour d'eux se voit un nombre beaucoup plus grand de

(1) Voyez dans l'appendice ce qui a trait à la mue. p. 48.

facettes polygonales qui appartiennent probablement aux cellules fusiformes qui soutiennent les bâtonnets.

L'orifice lui-même est limité par un certain nombre de petites cellules, et autour de celles-ci viennent quelques rangs de grandes cellules en forme de croissant, qui ont une disposition concentrique. Chez l'axolotl, les facettes n'apparaissent pas seulement à l'intérieur de l'orifice, mais encore tout autour de lui. Celles de la périphérie qui sont plus grandes que celles de l'intérieur, représentent probablement l'épaississement cuticulaire des cellules tectrices. Il suffit de presser légèrement avec l'aiguille sur une telle préparation pour qu'elle se déchire en plusieurs lambeaux et que les organes sensitifs se séparent de l'épiderme. On peut alors les observer isolément dans diverses positions et l'on s'assure que les facettes polygonales dessinées par le nitrate d'argent répondent aux extrémités des cellules périphériques. Sur une préparation de ce genre, l'argent n'avait pas seulement coloré les facettes terminales, mais avait pénétré à une certaine profondeur dans le faisceau et avait produit tout autour du sommet un anneau formé d'une quantité de traits verticaux. Ce fait révèle peut-être la présence d'une substance intercellulaire qui se trouverait entre les extrémités des bâtonnets et qui servirait à les unir. On remarque, en effet, quand on cherche à isoler les cellules sensitives, qu'elles ne sont soudées les unes aux autres que par leurs bords supérieurs. Après que la lumière a agi un certain temps, tout l'intérieur de l'orifice prend une couleur brune et uniforme, dans laquelle les détails disparaissent.

Coupes horizontales au travers des organes sensitifs du protée.

Pour étudier les parties plus profondes de l'organe sen-

sitif, il importe de faire, à la même place, deux ou trois coupes horizontales dans l'épiderme d'un exemplaire durci et de les colorer à l'hématoxyline. Les noyaux seuls se teignent en violet, tandis que les bâtonnets restent incolores.

Sur la coupe la plus superficielle qui n'a pas encore intéressé les noyaux du cône intérieur, on voit par transparence, en dessous des cellules aplaties qui recouvrent l'organe sensitif, une jolie rosette blanche, entourée d'un cercle parfaitement net de cellules tectrices disposées en couches concentriques et colorées en violet. La rosette est formée par les bâtonnets qui convergent vers l'orifice. Au centre se trouve une masse jaunâtre peu distincte; on ne peut plus y distinguer les points brillants que l'on voyait sur la préparation fraîche, mais on reconnaît les bouts des bâtonnets comme de petites stries très fines qui rayonnent autour du centre; ils paraissent surmontés de poils presque imperceptibles. Si l'on tourne légèrement la vis de manière à voir un plan plus profond, la rosette prend un aspect un peu différent; elle ne paraît plus composée de stries mais d'une quantité de losanges qui deviennent de plus en plus petits et plus allongés à mesure qu'on approche du milieu. Ces losanges sont la projection des bâtonnets vus obliquement d'en haut.

La seconde coupe fait voir un plan plus profond encore (Pl. XV, fig. 1). Elle a entamé les noyaux du cône intérieur qui forment un groupe très distinct au milieu de la rosette (c). A la périphérie se trouve une ceinture régulière de noyaux plus petits (f), placés en dedans des cellules tectrices (t) et qui appartiennent sans doute aux cellules fusiformes qui entourent le faisceau; on peut en compter 30 - 40 sur un organe sensitif bien développé.

Les noyaux du cône intérieur sont au nombre de 15 à 20 et sont disposés, le plus souvent, sur deux rangées régulières ; ils forment ainsi un groupe allongé qui traverse la rosette dans toute sa longueur.

Tout l'espace qui reste entre la ceinture périphérique et les noyaux du cône intérieur est occupé par les sections des bâtonnets des cellules placées plus profondément ; leur disposition symétrique forme un joli dessin. Les rangées qui se trouvent en dedans de la ceinture se composent de petits cercles ou de polygones à contours bien nets et appartiennent probablement encore aux cellules fusiformes qui recouvrent le faisceau. (f) A mesure qu'on approche du centre, les sections deviennent plus petites, parce que les bâtonnets sont coupés plus haut ; enfin, près des noyaux du cône intérieur on ne voit plus qu'un amas (a) de petits losanges pointillés ; ce sont les sections de bâtonnets prismatiques ou aplatis qui paraissent appartenir à des cellules sensibles.

Dans la troisième coupe, qui nous montre la couche profonde, il n'est plus question ni de cellules pyriformes, ni de bâtonnets ; tout l'ovale est rempli par les noyaux des cellules dont les corps cellulaires reposent immédiatement sur le derme et forment la base de l'organe sensitif.

Les cellules tectrices se comportent comme les autres cellules de l'épiderme ; celles de la couche profonde sont cylindriques, allongées et apparaissent sur une coupe comme une myriade de noyaux arrondis qui enserrent l'organe sensitif. (t) Dans les couches superficielles, au contraire, les cellules tectrices sont aplaties et ont une section en forme de croissant. (t') Elles forment plusieurs

rangées autour de l'organe sensitif en s'appliquant les unes sur les autres et limitent nettement la lacune dans laquelle il est enfermé.

Sur une coupe où se trouve un certain nombre d'organes sensitifs, on remarque presque toujours, à côté de grandes *rosettes* ovales telles que celles que nous venons de décrire, d'autres rosettes beaucoup plus petites, arrondies, imparfaitement développées et souvent serrées les unes contre les autres : ce sont des organes sensitifs en voie de formation ; deux d'entre eux sont dessinés sur la Pl. XVI, fig. 3, au même grossissement que les autres figures. L'un dont on voit la couche profonde, est rempli de gros noyaux arrondis ; sur l'autre, on distingue l'orifice ovale et les cellules aplaties qui recouvrent la rosette. Celle-ci et les cellules pyriformes ne se voient que par transparence et peu distinctement. Sur des organes sensitifs aussi petits, les noyaux des pyriformes ne sont jamais groupés sur deux rangées, mais remplissent complètement l'espace restreint qui leur est laissé. Quelquefois, on n'en voit que deux ou trois qui se serrent tant bien que mal dans un tout petit cercle de cellules tectrices.

Sur une lamelle d'épiderme que l'on vient d'enlever au protée vivant, on peut discerner les cellules du cône intérieur au travers de la couche superficielle de l'épiderme, grâce à leur éclat doré et à leur contour bien marqué ; seulement, elles ne sont presque jamais disposées régulièrement sur deux rangées comme sur les coupes durcies et forment plutôt un groupe confus au milieu de la rosette. Cela provient probablement de ce que la moindre traction sur l'épiderme suffit pour les déplacer. Sur les fig. 1 et 2 de la Pl. XVI, nous avons cherché à représenter ces cellules pyriformes telles qu'on les voit par transpa-

rence au travers des cellules épidermiques qui entourent l'orifice.

Un caractère qui distingue assez bien les cellules pyri-formes des autres cellules du faisceau, c'est la présence presque constante de deux ou trois granules dorés, très brillants, qui apparaissent déjà au bout de quelques minutes sur la préparation fraîche dans le corps renflé de la cellule. Je n'ai pas pu m'assurer s'ils appartiennent au nucleus ou à la zone étroite de protoplasma qui l'entoure. Le plus souvent, ils étaient adossés à la membrane de la cellule et faisaient une légère saillie sur son contour.

De semblables gouttelettes brillantes apparaissant aussi quelquefois dans l'épithélium des glandes cutanées, elles ne sauraient caractériser les cellules sensibles.

Coupes verticales dans la peau du protée. (Pl. XV, fig. 2.)

On remarque sur une coupe verticale que les organes sensitifs sont entièrement renfermés dans l'épiderme et en occupent toute l'épaisseur ; seulement en-dessous de chacun d'eux le derme se déprime un peu, de manière que l'épiderme gagne en hauteur à cet endroit. C'est sans doute grâce à cette dépression qui s'accuse davantage encore par l'action de l'alcool sur le tissu conjonctif, que sur les exemplaires durcis, les organes sensitifs paraissent enfoncés assez profondément dans la peau. Sur la coupe l'organe sensitif a le plus souvent la forme d'une cloche ou d'une coupole au sommet de laquelle se trouverait une troncature correspondant aux extrémités des bâtonnets. Au milieu du faisceau s'élève un second cône plus petit, formé par les noyaux et les bâtonnets des cellules sensibles. Ce cône intérieur prend une forme différente suivant que l'organe est coupé en long ou en large. Nous avons vu, en

effet, sur les coupes horizontales, que les organes sensitifs complètement développés ont une section ovale et que les noyaux des cellules pyriformes sont disposés sur deux ou trois rangées suivant le grand diamètre de cet ovale et en atteignent les deux bouts. Sur une coupe verticale qui suit le grand diamètre, on remarque que ces noyaux dessinent une figure en forme de croissant; ils sont placés sur une ligne courbe, dont la convexité regarde en haut. Les plus élevés se trouvent à la moitié ou même au deux tiers de la hauteur du faisceau et sont souvent complètement isolés des noyaux beaucoup plus nombreux qui en forment la base. Aux deux bouts du croissant, les noyaux du cône intérieur sont placés moins haut; ils touchent à ceux des cellules fusiformes qui se trouvent à la périphérie et qui s'élèvent de chaque côté presque autant que ceux du cône intérieur. Quand au contraire l'organe est coupé suivant son petit diamètre, le cône intérieur paraît beaucoup plus étroit; ce n'est plus qu'une colonne de noyaux superposés qui se dresse au milieu du faisceau. Les organes sensitifs imparfaitement développés et dont le contour est encore arrondi et resserré, présentent sur leur section verticale une image semblable.

Sur la coupe placée en regard de la lettre *b* (Pl. XV, fig. 2.) les noyaux des pyriformes dessinent déjà au milieu du faisceau un croissant assez marqué; mais on trouve quelquefois cette disposition encore mieux accusée. Sur la seconde coupe *a* les noyaux des cellules sensitives sont superposés et ne forment qu'une colonne étroite.

Le cône intérieur constitue un groupe à part; quand on cherche à isoler l'organe sensitif entier d'une coupe verticale, il arrive souvent qu'un coup d'aiguille maladroit enlève toutes les cellules périphériques comme une calotte

et laisse le cône intérieur seul debout et encore fixé au derme par sa base élargie. Les bâtonnets des cellules sensibles ont aussi sur les préparations à l'hématoxyline une teinte légèrement violacée qui les distingue assez bien des prolongements parfaitement blancs des cellules périphériques.

Outre les cellules pyriformes qui en occupent le sommet, le cône intérieur comprend les cellules sensibles plus allongées qui en forment la base et dont les renflements reposent directement sur la surface du derme. Chez le *protée* les diverses cellules du cône intérieur diffèrent peu les unes des autres ; il n'y a peut-être qu'une différence dans la longueur du bâtonnet, différence qui découle tout naturellement de la hauteur où se trouve le renflement dans le faisceau. (Pl. XIII, fig. 5.) Chez l'*axolotl* au contraire les pyriformes ont un type plus marqué et se distinguent plus nettement dans la portion supérieure du faisceau. (Pl. XIV, fig. 2.)

En considérant encore la coupe verticale, on remarque de chaque côté un grand nombre de renflements ovales placés en escalier, les uns au-dessus des autres et d'où s'élèvent des bâtonnets épais, à contours très nets, qui se courbent un peu en-dedans avant d'atteindre le sommet tronqué. Ce sont là ces cellules *fusiformes* qui n'ont probablement qu'un rôle de protection. Leurs noyaux occupent une position de plus en plus élevée à mesure qu'on s'éloigne du centre et finissent par atteindre sur le pourtour la moitié de la hauteur du faisceau. Ce sont ces noyaux tout à fait périphériques qui forment sur les coupes horizontales une ceinture régulière immédiatement en-dedans des cellules tectrices. (Pl. XV, fig. 1, f.) Les *fusiformes* dont les noyaux sont placés sur un plan plus profond ne

présentent plus qu'une section arrondie et incolore. (Pl. XV, fig. 1, f') En tout il peut y avoir une centaine de ces cellules fusiformes disposées sur cinq ou six rangées tout autour du faisceau.

Ce qui est plus difficile, c'est de dire à quel ordre d'éléments appartiennent les cellules dont les renflements sont placés profondément aussi, mais qui avoisinent immédiatement le cône intérieur, j'entends celles dont les bâtonnets présentent sur la coupe horizontale une section en losange, grisâtre et pointillée. (Pl. XV, fig. 1, a.). Peut-être est-ce là aussi des cellules fusiformes dont les prolongements coupés plus haut prennent un aspect différent, mais j'incline à croire qu'il y a encore autour du cône intérieur quelques rangées de cellules sensibles allongées; ce serait celles que j'ai tenté de distinguer des fusiformes sous le nom de *cellules sensibles à bâtonnet*. Il serait, en effet, assez étrange que les vingt ou trente cellules du cône intérieur eussent seules une fonction sensitive et que toutes les autres, dont on compte 150 et plus, et qui sont surmontées de bâtonnets si remarquables, n'eussent qu'un rôle de protection. J'ai peine à croire que des éléments tels que ceux que j'ai figurés sur la fig. 3 de la pl. XIII, avec leurs prolongements si grêles, si délicats, ne soient pas de nature nerveuse; et cependant le groupe dont j'ai tiré ces deux exemplaires ne faisait pas partie du cône intérieur, puisque toutes ces cellules avaient la même longueur, les mêmes bâtonnets effilés. Les fragments isolés du cône intérieur doivent toujours présenter des éléments de longueur différente, des cellules allongées à côté d'autres cellules qui se rapprochent plus ou moins des pyriformes typiques. (Pl. XIII, fig. 5.)

Les deux seuls caractères qui puissent faire reconnaître sûrement des épithéliums sensitifs, sont : 1^o la présence de poils terminaux à l'extrémité libre de la cellule ; 2^o la connexion avec les nerfs. Chez le protée et l'axolotl ces poils sont si courts et si délicats qu'il est difficile de les distinguer sur des cellules isolées. Il m'a paru que certaines cellules du cône intérieur sont surmontées de poils terminaux ; (Pl. XIII, fig. 5.) mais je ne crois pas que ces poils appartiennent aux cellules pyriformes ; on remarque, en effet, quand celles-ci sont bien isolées que leur col se termine par un cercle brillant parfaitement net, qui ressemble à un orifice. Peut-être les extrémités des cellules sensibles à bâtonnet effilé s'élèvent-elles un peu au-dessus des autres et font-elles l'effet de poils terminaux sur le faisceau vu en entier ? Quant à la connexion avec les nerfs, je n'ai obtenu que des résultats encore plus incertains. On remarque souvent sur les coupes verticales les sections transverses de gros troncs nerveux qui se trouvent directement en dessous des organes sensitifs, soit dans la couche lâche du derme, soit plus profondément au milieu du tissu adipeux sous-cutané (Pl. XV, fig. 2, n, n.) ; mais je n'ai jamais pu distinguer les filets isolés qui doivent s'élever de ces gros troncs pour entrer dans l'organe sensitif. Les procédés de durcissement à l'acool ou au bichromate de potasse sont trop grossiers pour conserver des éléments aussi délicats ; espérons que de nouveaux essais avec le chlorure d'or et l'acide hyperosmique donneront des résultats plus heureux.

5. *Des nerfs qui se distribuent aux organes sensitifs.*

Il importe de savoir quels sont les nerfs qui se rendent aux organes sensitifs et de rechercher si certaines de leurs

branches n'acquièrent pas en vue de cet appareil un développement inaccoutumé. Dans quelques régions, telles que le bout du museau, où ces organes se trouvent en grande quantité, on découvre sous la peau des plexus nerveux d'une richesse inouïe, et quand plusieurs nerfs se jettent dans le même plexus comme cela a lieu à la lèvre inférieure, il devient très difficile de reconnaître auquel d'entre eux ces terminaisons nerveuses appartiennent. A la tête il ne peut guère être question que du trijumeau, du facial et du pneumogastrique puisque ce sont les seuls nerfs qui lui fournissent des branches cutanées, mais il faut se souvenir que chez les amphibiens le glossopharyngien est compris dans le système du pneumogastrique. Le facial donne une racine importante au ganglion de Gasser et il reçoit lui-même du glossopharyngien une forte anastomose qui introduit probablement des filets sensibles dans son domaine.

Sur les flancs la disposition des organes sensitifs sur une ligne droite, parfaitement régulière, doit faire supposer qu'ils suivent le trajet de l'un des nerfs latéraux qui dépendent du pneumogastrique. Les nerfs latéraux appartiennent en propre aux larves des batraciens, des pérenni-branches et aux poissons : chez ces derniers ils paraissent spécialement affectés aux « boutons nerveux » des canaux mucipares, et le fait que leur présence coïncide aussi chez les amphibiens avec celle des organes latéraux est une preuve de l'analogie de cet appareil sensitif avec celui des poissons.

Chez le *protée* la distribution des organes sensitifs sur la face dorsale de la tête, répond parfaitement à celle du trijumeau. Après avoir donné au gros rameau qui se dirige vers l'angle de la mâchoire, le *nerf nasal* (ophtalmique)

se divise derrière l'œil en deux branches égales qui suivent les deux côtés du canal nasal et vont se ramifier jusqu'au bout du museau. Les amas serrés d'organes sensitifs qui s'étalent en dedans et en arrière de la narine et que nous avons désignés par les noms de *groupe nasal antérieur* et *postérieur*, se trouvent précisément sur ces ramifications. Rusconi auquel les riches plexus du museau n'avaient point échappé, remarque déjà que le protée doit avoir dans cette partie une sensibilité plus grande que les autres « reptiles » et qu'il se rapproche davantage sous ce rapport de certains poissons ⁽¹²⁾. Le rameau du nerf nasal qui se dirige vers l'angle de la mâchoire, envoie dans la direction de la commissure des lèvres un grand nombre de filets obliques qui correspondent également aux séries d'organes sensitifs qui se trouvent sur les côtés de la tête. Le *facial* sort du crâne par un orifice voisin de celui du trijumeau et donne aussi quelques rameaux superficiels dans cette région.

Au-dessous de la tête, les deux séries si régulières que nous avons appelées *lignes divergentes* ne suivent pas le trajet d'un nerf unique. L'hypoglosse, qui a à peu près la même direction, est placé plus profondément, sous les muscles mylohyoïdiens. Les branches très nombreuses qui rampent sous les téguments de cette région proviennent du *facial* et du *trijumeau* et vont se ramifier jusque dans la lèvre inférieure. Enfin les organes sensitifs, qui sont parsemés sur la nuque et devant les branchies, se trouvent sur les rameaux cutanés que donnent la branche antérieure du *pneumogastrique* (glossopharyngien) et les nerfs des branchies.

⁽¹²⁾ Monografia del proteo anguino di Laurenti. Pavia 1819, p. 95. T. IV, fig. 9.

Chez l'*axolotl*, les groupes serrés d'organes sensitifs qui se trouvent entre les yeux et sur la voûte du canal nasal suivent le trajet d'une grosse branche du *trijumeau* (Pl. XII, fig. 3, 5'.) qui sort du ganglion de Gasser, devient superficielle à l'intersection du muscle temporal et du masséter, distribue ses filets à toute la région comprise entre les orbites et va se perdre dans la lèvre supérieure en formant un riche plexus. Ce rameau est indépendant du nerf ophthalmique ; M. Fischer⁽¹³⁾ suppose qu'il est la continuation de la racine que le facial fournit au ganglion de Gasser et qu'il est l'analogue de la *branche antérieure des nerfs latéraux*, que l'on trouve chez les poissons. Le dessous de la tête reçoit comme chez le protée des branches du trijumeau et du facial. La plupart des organes sensitifs sont groupés sur les ramifications du *maxillaire inférieur* (Pl. XII, fig. 2, 5ⁿ) et sur celles du *Ramus mentalis* du facial (7). Ce dernier va se ramifier jusqu'à l'angle de la mâchoire et donne à la peau un grand nombre de filets qui sont placés encore plus superficiellement que ceux du trijumeau. D'après Fischer, les deux nerfs ne s'anastomosent pas entre eux. En comparant les deux côtés de la figure 2 (Pl. XII), on remarque que les groupes placés longitudinalement semblent répondre aux branches du facial, et les séries transverses à celle du maxillaire inférieur ; on peut donc présumer que les deux nerfs fournissent des filets aux organes sensitifs.

Les pérennibranches ont 3 *nerfs latéraux* ⁽¹⁴⁾, deux su-

⁽¹³⁾ Anat. Abhandl. üb. d. Perennibrauchiaten. I. Hamburg 1864, 128, a. Taf. II, 5'.

⁽¹⁴⁾ Une portion de ces nerfs fut déjà figurée par Rusconi (Monografia. Tav. IV, fig. 9, r.)

Oken (Isis 1820, 586) puis van Deen (Müllers Archiv 1833.

périeurs qui naissent du ganglion du pneumogastrique par un tronc commun et un inférieur ou *ventral* qui provient de la branche viscérale du même nerf. Les deux supérieurs comprennent le *nerf latéral proprement dit*, qui suit l'intersection des masses musculaires du ventre et du dos et son *rameau dorsal* qui longe la colonne vertébrale. Tous trois sont des filets extrêmement grêles et présentent cette particularité qu'ils font un trajet fort long presque sans diminuer d'épaisseur. Les organes sensitifs se trouvent sur le nerf latéral proprement dit, ou seulement sur son extrémité qui remonte vers la crête dorsale de la queue.

M. Leydig ⁽¹⁵⁾ reconnut que les organes latéraux des têtards et des larves de tritons se trouvent le long du nerf latéral et d'une branche qui s'en sépare pour se rendre obliquement dans la crête caudale. Il vit des faisceaux de tubes nerveux se séparer de distance en distance du tronc principal pour entrer par dessous dans chacun d'eux. Cette branche qui monte obliquement vers la crête caudale se comporte comme l'extrémité du nerf latéral des pérennibranches. Les organes latéraux du têtard se trouvent le long de la queue à la base de la crête dorsale, de même que chez le jeune axolotl ; mais sur le tronc, ils s'en écartent pour suivre une ligne ondulée qui se dirige du côté de l'œil et le long de laquelle ils forment souvent deux rangées.

Chez le protée, le *rameau ventral* est superficiel ; c'est le

477) reconnaurent leur analogie avec ceux des poissons. Des descriptions plus exactes se trouvent dans : Carl Vogt, *Beiträge zur Neurologie der Reptilien*. Denkschriften d. allg. schw. Ges. Neuchâtel, 1840. 55. — Fischer, *Amphibiorum nud. neurologiæ spec.* I. 1843. 37.

⁽¹⁵⁾ Ueb. Organe eines 6ten Sinnes. Nov. act. Leopold. Carolin. Bd. 36. Dresden 1868. 49.

seul que l'on voit sans préparation quand on écorche l'animal. Son origine seule est cachée sous l'omoplate et sous le plexus brachial. Sur un jeune exemplaire qui était long de 20 cent., on pouvait le suivre jusqu'à 1 cent. en avant de la cuisse. Il se trouvait au tiers inférieur du flanc, à 3 mill. en dessous de la ligne latérale.

La ligne latérale longe le tiers supérieur du corps et elle est marquée par un sillon qui répond à l'intersection des masses musculaires et dans lequel chemine avec le *nerf latéral* une grosse veine qui se ramifie à droite et à gauche dans chaque sillon transverse. Le nerf passe d'abord sous l'omoplate, plus loin il est caché peu profondément entre les fibres musculaires et sous l'aponévrose. Il est difficile de le suivre jusqu'à la queue sur les exemplaires conservés à l'alcool. Le *rameau dorsal* se sépare du précédent au niveau du bord postérieur de la tête et chemine caché dans les muscles du dos, à peu de distance de la colonne vertébrale. Il est un peu plus petit que l'autre. Ces deux nerfs sont assez difficiles à trouver, si l'on ne commence pas par en découvrir l'origine au ganglion du pneumogastrique.

Chez l'axolotl ⁽¹⁶⁾, le *nerf latéral proprement dit* (Pl. XII, fig. 3, 1) est de même que les deux autres branches tout-à-fait superficiel, excepté son origine qui est recouverte par les muscles de la nuque et par l'omoplate. Il suit le sillon latéral jusqu'à la cuisse, en longeant le bord supérieur de la grosse veine qui l'accompagne; il passe même par-dessus les ramifications dorsales de la veine. C'est donc à tort que M. Fischer appelle cette branche *N. lateralis profundus* par op-

(16) Les nerfs de l'Axotl sont aussi décrits par Calori : *Sulla anatomia dell' axolotl. Memorie dell' istituto di Bologna. III. 1851. 269.*

position au *rameau ventral* (Anatomische abhand., p. 157), et qu'il dit en parlant précisément du nerf latéral de l'axolotl « verläuft in der Tiefe, an der Grenze der dorsalen und ventralen Seitenmuskeln » (p. 143). Ce détail a une certaine importance pour notre sujet, puisque c'est sur cette branche que se trouvent les organes sensitifs. Le sillon latéral lui-même se trouve à peu près à la moitié du corps chez les jeunes axolotls, mais remonte jusqu'au tiers supérieur chez les gros individus dont le ventre est plus développé. Krohn⁽¹⁷⁾ fait la même remarque à propos des têtards de grenouille. Arrivé à la hauteur du membre postérieur, le nerf latéral quitte ce sillon et se dirige obliquement en haut pour suivre la crête dorso-caudale. C'est justement sur cette ligne que se trouvaient les organes sensitifs de notre petit axolotl. Peut-être que chez des individus encore plus jeunes on en trouverait aussi sur les flancs, dans la ligne latérale elle-même.

Le *rameau dorsal* n'est qu'une petite branche superficielle qui monte obliquement au-dessus de l'épaule et suit à peu de distance la ligne médiane du dos. M. Fischer l'a suivi jusqu'au membre postérieur. Le *rameau ventral* passe sous l'articulation du bras et va se perdre dans la région de l'anus; il est plus rapproché de la ligne médiane du ventre que le nerf correspondant du protée. Chez les têtards le nerf latéral disparaît au moment de la métamorphose, en même temps que les organes latéraux, et ce fait semble prouver qu'il est spécialement affecté à cet appareil de sensation. On peut faire cependant deux objections : la première, c'est qu'on ne trouve des organes sensitifs que sur un seul des trois nerfs, et que là où l'un

(17) Ueb. d. *Ramus lateralis* bei niedern Amphibien. *Froriep's Notizen*. Bd. 48. Weimar. 1836.

d'eux est plus superficiel que les autres (nerf latéral inférieur du protée), ce n'est pas sur son trajet que sont placés les dits organes ; la seconde, c'est que chez des axolotls âgés de 1 $\frac{1}{2}$ an, qui ont déjà perdu leurs organes sensitifs de la crête dorso-caudale, on trouve le nerf latéral aussi développé que celui des individus plus jeunes. Je ne sais ce qui en advient quand la métamorphose s'effectue complètement. D'après les données de Mayer⁽¹⁸⁾ et de Fischer⁽¹⁹⁾, il paraît persister toute la vie chez les vrais pérennibranches et chez les dérotrèmes. Mayer constate sa présence chez un jeune *Menopoma* qui avait déjà perdu ses branchies.

A propos des salamandres et des tritons, les auteurs ne sont pas d'accord : M. Gegenbaur⁽²⁰⁾ affirme que le nerf latéral n'existe chez les batraciens et les salamandrinae que durant la période larvaire et que son dernier vestige chez l'adulte est un petit filet qui se ramifie sur la nuque et sur l'épaule et qui correspond au *R. auricularis vagi*⁽²¹⁾ des vertébrés supérieurs. D'après Krohn⁽²²⁾, au contraire, il persisterait chez les tritons transformés, mais en se rapprochant de plus en plus de la crête dorsale.

6. *Rapports des organes sensitifs du protée et de l'axolotl avec les organes latéraux et les boutons gustatifs. Fonction supposée.*

(18) Analecten für vergl. Anatomie. Bonn, 1835. 85. 93.

(19) Anat. Abhandl., etc.

(20) Grundzüge der vergl. Anatomie. 1870. 744.

(21) M. Fischer pense que le n. auriculaire est un vestige des nerfs des branchies. Il avance pour soutenir cette opinion que le nerf latéral des pérennibranches n'est jamais superficiel (ce qui est erroné), et que chez les dérotrèmes les nerfs des branchies persistent comme branches cutanées. Anat. Abhandl. 154.

(22) Froiep's Notizen. Vol. 48, 1. c.

C'est une des plus belles découvertes de M. Leydig ⁽²³⁾ d'avoir reconnu des terminaisons nerveuses spéciales dans les canaux mucipares des poissons et d'avoir établi par une série de travaux approfondis que le rôle essentiel de cet appareil est une fonction sensitive. L'étude histologique a prouvé que l'enduit glaireux qui lubrifie constamment la peau des poissons n'est point le produit des canaux mucipares, mais qu'il est sécrété par de grosses cellules-en-calice ou glandes unicellulaires qui se trouvent par milliers entre les autres cellules de l'épiderme et qui s'ouvrent à sa surface par un orifice spécial. Le rapport étroit qui existe entre les boutons nerveux de Leydig et les organes latéraux des amphibiens, fut établi par une découverte très intéressante de M. Fr.-E. Schulze ⁽²⁴⁾. En examinant sous le microscope de petits alevins vivants qui n'avaient que deux ou trois jours d'existence, il vit qu'ils possèdent dans leur ligne latérale et sur les côtés de la tête des organes sensitifs parfaitement semblables à ceux des têtards et des larves de tritons. Ils se composent, chez ces deux classes d'animaux, d'un faisceau de dix à quarante cellules pyriformes qui sont évidemment de nature sensitive; chacune d'elles portant à son extrémité supérieure un poil conique; long de 0,014^{mm} et étant en rapport par sa base renflée

(23) Ueb. d. Schleimcanäle der Knochenfische. Archiv. für Anat. u. Phys. 1850. 170. Les nombreux travaux de M. Leydig sur ce sujet sont énumérés dans son mémoire: Ueb. organe eines Otten Sinnes. Nov. Act. Leop. 1868. Voyez aussi son traité d'histologie comparée. Trad. Paris 1866. 238, puis Milne Edwards: leçons sur la phys. et l'anat. X. 77. Pour la bibliographie des ampoules ou tubes gélatineux de Lorenzini: Franz Boll, die Lorenzin'schen Ampullen der Selachier, Archiv. für mikr. A. IV. 375.

(24) Archiv für A. u. P. 1861. 759. — Archiv für mikr. A. VI. 1870. 62.

avec un gros filet nerveux qui présente de distance en distance des varicosités. Les poils terminaux font saillie hors de l'orifice cuticulaire et sont protégés par un tube membraneux qui est inséré sur le bord de l'orifice et qui flotte librement dans l'eau. Autour du faisceau central se trouve une rangée de cellules cylindriques qui servent probablement de soutien, puis un revêtement de cellules polygonales semblables à celles de l'épiderme.

Poursuivant ses observations sur de petites sôles (*Platessa vulgaris*) qui avaient déjà deux ou trois centimètres de longueur, il vit l'épiderme de la queue s'épaissir et former un bourrelet des deux côtés d'une série d'organes sensitifs qui se trouve sur une branche terminale du nerf latéral. Les deux bourrelets s'élevèrent de plus en plus et finirent par se rejoindre par-dessus les organes sensitifs. Ainsi se trouva formé un canal mucipare dans lequel on distinguait encore par transparence les faisceaux de cellules pyriformes avec leurs longs poils terminaux et jusqu'au tube si délicat qui surmonte l'orifice.

MM. Leydig et Schulze décrivent les *boutons nerveux* du poisson adulte (*acerina cernui*) comme des proéminences aplaties qui font saillie sur la paroi du canal mucipare et qui sont formées d'un tissu aréolaire gélatineux, traversé par un riche réseau capillaire. Un faisceau de vingt à quarante gros tubes nerveux entre par le côté dans chaque bouton et se ramifie en un plexus dont les filets terminaux pénètrent dans l'épithélium très remarquable qui revêt la surface entière de ces organes. Cet épithélium se compose de deux sortes de cellules qui vont toutes se terminer au même niveau : 1^o des cellules cylindriques, très pâles, longues de 0,112^{mm} ; 2^o des cellules pyriformes beaucoup plus courtes qui occupent la zone supérieure de

l'épithélium et qui laissent toujours entre elles une ou deux cellules cylindriques. Leur extrémité est tronquée carrément et porte un poil conique qui fait saillie au-dessus de la surface ; leur corps renflé renferme un gros noyau et un contenu granuleux ; il est en connexion directe avec les tubes nerveux qui pénètrent entre les cellules cylindriques et son contenu a la propriété de se teindre en noir à l'action de l'acide hyperosmique.

Quoique les boutons nerveux entièrement développés diffèrent notablement des organes latéraux du jeune alevin, M. Schulze n'hésite pas à assimiler ces cellules pyri-formes aux cellules sensibles qui forment le faisceau central des organes latéraux. Un fait très intéressant c'est que chez le *Gobius minutus* la transformation n'a pas lieu, il ne se développe pas de canaux mucipares et les organes sensitifs semblables à ceux des têtards persistent durant toute la vie. On ne peut pas désirer une plus charmante transition entre l'appareil sensitif des poissons et celui des amphibiens.

M. Leydig confond sous le nom de « *becherförmige Organe* » les organes latéraux des amphibiens, les organes cyathiformes des poissons et d'autres appareils analogues qu'il a retrouvés sur l'épiderme et sur les gencives des lézards et des serpents⁽²⁵⁾ et leur assigne une fonction peu précise voisine de celle du tact. M. Fr. Schulze s'oppose à cette manière de voir⁽²⁶⁾ ; il assimile les organes cyathiformes des poissons aux *boutons gustatifs* ⁽²⁷⁾ (Ge-

(25) Zur Kenntniss d. Sinnesorgane der Schlangen. Archiv für mikr. A. VI. 1870. 81.

(26) Archiv für mikr. A. VI. 1870. 81.

(27) Pour la bibliographie des organes du goût, voyez : Stricker, Handb. der Lehre von den Geweben. 1872. 837.

schmacksknospen, *Schmeckbecher*) des papilles de la langue, et fait des organes sensitifs des amphibiens et des poissons une classe à part sous le nom d'*organes latéraux*. Il remarque que la présence de longs poils terminaux rapproche les cellules sensitives des organes latéraux, des épithéliums qui tapissent les ampoules auditives (Max Schultze, Hasse) et suppose qu'elles doivent aussi servir à percevoir des ondes ou des vibrations. Les organes latéraux n'étant pas contenus dans des sacs fermés comme les cellules auditives, ne serviraient point à l'audition proprement dite; leur fonction serait de percevoir tous les mouvements qui se produisent dans l'eau, d'évaluer les pressions, les courants, la vitesse de progression, etc.

Si les organes sensitifs du *protée* et de l'*axolotl* se rapprochent des organes latéraux par une distribution identique et par la présence d'un cône intérieur formé de cellules sensitives particulières (pyriformes), ils s'en éloignent d'autre part par l'absence complète d'un tube membraneux sur leur orifice et de ces longs poils terminaux qui font saillie sur la surface de l'épiderme. M. Schulze caractérise ainsi les organes latéraux et les boutons gustatifs des poissons (l. c., p. 81). « Les cellules » sensitives des boutons gustatifs sont des éléments allongés, filiformes, qui s'élèvent de la surface du tissu conjonctif (chorion) jusqu'à la surface de l'épithélium » et se terminent par de petits poils effilés qui les dépassent à peine. Celles des organes latéraux, au contraire, sont des cellules courtes, épaisses, pyriformes, dont l'extrémité élargie et tronquée porte un long poil à base conique qui mesure $0,014^{\text{mm}}$ de longueur. »

A laquelle de ces descriptions faut-il rapporter les organes sensitifs du *protée* et de l'*axolotl*? Le tube mem-

braneux et les longs poils terminaux manquent, le sommet du faisceau est couronné de cils imperceptibles, exactement comme les boutons gustatifs. L'ensemble de l'organe est aussi constitué de même que ces derniers par des cellules allongées et filiformes dont la base repose sur le chorion et dont l'extrémité effilée atteint presque la surface de l'épiderme.

Je crois que les caractères indiqués par M. Schulze ne suffisent pas pour distinguer sûrement ces deux catégories d'organes et qu'une étude comparative plus approfondie des organes de l'épiderme et de ceux de la langue chez les mêmes animaux, pourra seule trancher la question. Cette étude, je n'ai fait que la commencer ; je me suis assuré que l'on trouve en grand nombre sur la langue et sur le palais du protée et de l'axolotl des *boutons gustatifs* qui ressemblent à bien des égards aux organes de l'épiderme, mais sans que l'identité soit complète. Au lieu de présenter une section ovale, quand on les regarde d'en haut, ils paraissent toujours comme des disques arrondis ; leur diamètre est de moitié plus petit, au lieu de 0,10 ou 0,12^{mm}, les plus grands n'avaient chez le protée que 0,057 de largeur ; puis on ne distingue à l'intérieur qu'un amas confus de noyaux, en place de ces deux rangées si régulières que forment les noyaux du cône intérieur dans les organes de l'épiderme ; les boutons gustatifs ne ressemblent à cause de cela qu'aux organes de l'épiderme incomplètement développés. Une autre différence, c'est que les boutons gustatifs sont portés sur des papilles et qu'ils font une saillie au-dessus de l'épithélium ; ces papilles se voient facilement à la loupe après que l'épithélium s'est détaché de la muqueuse et elles présentent à leur sommet une empreinte circulaire qui indique l'inser-

tion du bouton gustatif. Nous avons vu au contraire que les organes de l'épiderme sont légèrement enfoncés dans la couche superficielle du derme et que l'épiderme se déprime en entonnoir au-dessus de chacun d'eux. Les cellules isolées m'ont paru différer assez peu des cellules-à-bâtonnet et des cellules fusiformes ; ce sont toujours les mêmes éléments allongés, amincis vers le haut et munis à leur base d'un corps cellulaire renflé qui contient le noyau. Seulement les cellules sensibles plus délicates, plus effilées étaient le plus souvent intercalées entre deux cellules fusiformes plus larges et dont le noyau est placé plus haut, presque à la moitié de la longueur. Ces cellules-soutien se terminent en haut par une large facette polygonale qui représente l'épaississement cuticulaire. Enfin, les cellules tectrices des boutons gustatifs sont chez l'axolotl des épithéliums aplatis, allongés, ciliés sur leur bord supérieur et qui forment un revêtement disposé en palissade tout autour du faisceau. En résumé les organes sensitifs de l'épiderme du protée et de l'axolotl se rapprochent des organes latéraux : 1^o par leur distribution : 2^o par la présence au centre du faisceau, d'un cône intérieur composé de cellules pyriformes à contenu granuleux et fortement réfringent : 3^o parce qu'ils ne sont pas portés sur des papilles. Ils s'en éloignent par l'absence d'un tube membraneux et de longs poils coniques dépassant l'orifice. Ils se rapprochent des boutons gustatifs par la nature des cellules allongées qui forment la masse essentielle du faisceau et par les poils ou cils très petits qui couronnent le sommet.

D'après la description de M. Leydig ⁽²⁸⁾ les véritables

(28) Ueb. die Haut einiger Süßwasserfische, Zeits. f. wiss. Zool. 1851. 3.

organes cyathiformes des poissons, ceux que M. Schulze a rapprochés plus tard des boutons gustatifs, sont parsemés sur tout le corps à la surface des saccules où sont logées les écailles ; les nageoires elles-mêmes n'en sont pas dépourvues, mais c'est à la tête, sur les lèvres et les barbillons qu'ils sont le plus nombreux et qu'ils atteignent le plus grand développement. Théoriquement rien ne s'oppose à ce que chez des animaux *aquatiques* les organes du goût, au lieu d'être localisés à la surface de la langue soient aussi parsemés sur l'épiderme. Le goût étant une perception de certaines qualités (chimiques) des substances à l'état de *solution*, on peut supposer que les organes sensitifs de l'épiderme permettent à ces animaux d'apprécier d'une façon très délicate les substances dissoutes dans l'eau, le degré de pureté de ce liquide, la présence de matières nutritives, etc. On sait, par exemple, que l'écrevisse remonte le cours des ruisseaux, alléchée par les morceaux de viande que le pêcheur attache au fond de ses filets. La saveur que ces appas peuvent communiquer à une eau courante, serait assurément tout à fait inappréciable pour nous. On comprend quelle serait l'importance d'une perception si délicate pour un animal tel que le protée qui est presque privé de la vue et qui doit poursuivre dans une obscurité complète les petits animaux dont il se nourrit. Je crois qu'une fonction de ce genre, rapprochée de celle du goût, doit être plus utile aux amphibiens et aux petits poissons qui nagent près du rivage, que l'évaluation des pressions et des courants. Pour des animaux qui visitent au contraire de grandes profondeurs l'hypothèse ingénieuse de M. Schulze reprend tous ses droits et il est possible que le développement des canaux mucipares chez les poissons ne soit pas étranger aux fonctions qu'elle a en vue.

Quelques expériences que j'ai tentées sur le *protée* ne m'ont donné que des résultats peu concluants ou même opposés à ce que l'analogie de structure ferait supposer. Il ne m'a pas paru plus impressionné qu'un autre animal, quand j'approchai des régions où se trouvent les organes sensitifs, certaines substances solubles, telles que l'alun, la soude, le sel de cuisine, des acides délayés. En essayant de piquer avec une aiguille diverses régions du corps, je me suis convaincu, sans vouloir rien leur ôter de leurs autres fonctions, que les organes sensitifs sont très sensibles au *toucher* ; on peut, en effet, piquer tant que l'on veut la peau du dos, des pattes, etc., sans que l'animal se dérange ; si l'on pique au contraire des régions bien fournies d'organes sensitifs, telles que le museau ou les côtés de la tête, le *protée* restera peut-être deux ou trois fois parfaitement impassible, puis à la quatrième fois il se jettera vivement de côté et se tordra sur lui-même comme s'il avait ressenti une vive douleur. Cet essai, répété bien des fois, me donna toujours le même résultat : je pense que c'est quand l'aiguille touche un organe sensitif qu'elle cause une sensation si désagréable.

7. *Appendice sur la structure de la peau chez le protée.*

(Pl. XV, fig. 2, et Pl. XVI, fig. 7 à 10.)

L'*épiderme* se compose de cellules anguleuses de formes très diverses (Pl. XVI, fig. 8-10) et de cellules muqueuses (fig. 7) : ces dernières ne se trouvent que dans la couche moyenne, enclavées au milieu des autres. Les cellules anguleuses sont allongées dans la zone profonde, triangulaires ou aplaties dans la zone superficielle : cet aplatissement n'atteint pas le même degré que chez la grenouille,

et ces cellules ne prennent jamais un aspect corné. Le plus souvent, elles s'enchevêtrent les unes dans les autres par des appendices membraneux ou des épines qui leur donnent des formes bizarres, mais ce ne sont pas de véritables « Stachelzellen » régulièrement dentelées sur tout leur pourtour.

Chez les jeunes exemplaires, les bords sont même le plus souvent parfaitement lisses et la cellule est presque entièrement remplie par un gros noyau arrondi bien plus apparent que la zone étroite de protoplasma qu'il laisse autour de lui (fig. 9). C'est peut-être parce que les cellules ne sont pas dentelées qu'elles s'isolent très facilement les unes des autres ; il suffit quelquefois de laisser un protée pendant 24 heures dans la liqueur de Müller pour que tout son épiderme se désagrège. Les cellules de la couche superficielle ne forment pas un dessin polygonal régulier (Pl. XVI, fig. 1 et 2) ; leur paroi extérieure est épaissie et constitue une cuticule d'un aspect corné et homogène (fig. 8). La surface de la cuticule est percée d'une multitude de pores déjà visibles avec un grossissement de 350 diam., et sur sa tranche se voient des stries très fines ou des canalicules qui correspondent probablement aux pores. Ceux-ci paraissent avec un fort grossissement (Imm. XI Hartnack) comme de petits points brillants bordés d'un cercle noir. Dans les interstices des grandes cellules se trouvent presque toujours des cellules plus petites en forme de coin dans lesquelles les pores sont plus distincts et qui ont la propriété de brunir de suite à l'action du nitrate d'argent.

Les *cellules muqueuses* (Schleimzellen) (fig. 7) sont des utricules fermées, ordinairement ovales, qui se trouvent en quantité au milieu des autres cellules de l'épiderme.

Leurs dimensions surpassent le plus souvent, chez le protée, celles des globules du sang ; elles varient entre 0,06 et 0,08 ^{mm} de longueur sur 0,04 de largeur. Leur contenu se compose de petits granules brillants qui rappellent ceux des glandes à venin de l'axolotl et auxquels sont souvent entremêlées des gouttelettes semblables à de la graisse. Dans la liqueur de Müller, il se coagule rapidement en une masse opaque et foncée et s'éloigne de la membrane ; à l'action du nitrate d'argent, il prend une teinte violacée. Au centre de la cellule ou dans son tiers inférieur se trouve un nucléus arrondi, transparent, à peine granulé. La membrane est très distincte et paraît ordinairement homogène ; sur une préparation qui avait séjourné 24 heures dans l'acide acétique délayé, elle présentait nettement ce joli dessin formé de mailles anastomosées que M. Langerhans a décrit le premier chez les cellules toutes semblables des larves de salamandres ⁽²⁹⁾.

Ces utricules muqueuses occupent la couche moyenne de l'épiderme, et s'il est rare d'en voir reposer immédiatement sur le derme, il est plus rare encore d'en voir atteindre la surface ; presque toujours 2 ou 3 rangs de cellules leur sont superposés. Il semble que la croissance continuelle de l'épiderme doive les amener peu à peu à la surface, mais le fait est, que sur des coupes tout-à-fait verticales, on ne les y trouve jamais. Peut-être crèvent-elles par dessous les cellules superficielles afin de faciliter la desquamation.

Ces cellules abondent sur presque toute la surface du corps. Elles paraissent manquer cependant aux lèvres, autour de l'anus et au bout de la queue. On n'en

(²⁹) Archiv f. mikr. A. IX. 1873. 747.

trouve pas non plus dans le voisinage immédiat des organes sensitifs. Dans certaines régions, telles que le front, les flancs, les côtés de la queue, elles sont si serrées qu'elles se touchent les unes les autres; elles gardent néanmoins leurs contours arrondis et obligent les autres cellules qui occupent leurs interstices à se mouler sur leur forme. Isolées dans la liqueur de Müller, les cellules muqueuses prennent des formes diverses; on en trouve quelquefois qui se prolongent en un col effilé, mais je n'ai jamais vu ce col se terminer par une ouverture. Sur des coupes ou des parcelles isolées, elles ont toujours des contours arrondis et n'envoient pas de prolongements entre les autres cellules. On ne distingue, d'ailleurs, jamais à la surface de l'épiderme des orifices correspondant aux cellules muqueuses, tels que ceux que l'on observe chez la grenouille, le triton, l'anguille, etc. Chez ces animaux, les cellules muqueuses ont une ouverture parfaitement nette et déversent leur contenu à la surface de la peau, ce qui les a fait nommer *glandes unicellulaires* (einzellige Drüsen). Quelquefois même cet orifice est si évasé qu'on a comparé ces cellules à une coupe et qu'on les a réunies à celles qui abondent dans le tube digestif, sous le nom commun de *cellules-en-calice* (Becherzellen).

Sur la langue du protée se trouvent de véritables cellules-en-calice dont l'ouverture arrondie vient affleurer au niveau de la surface de l'épithélium, dans les interstices des autres cellules. Dans la bouche de l'axolotl j'ai observé des cellules-en-calice à côté d'utricules muqueuses semblables à celles de l'épiderme; il m'a paru n'y avoir aucun intermédiaire entre les deux formes.

M. Fr. Schulze ⁽³⁰⁾ considère les cellules muqueuses

(30) Archiv f. mikr. A. III. 1867. 168.

fermées, qui se trouvent dans la couche profonde de l'épiderme des larves de tritons, comme de jeunes cellules-en-calice et pense qu'elles acquièrent plus tard un orifice quand elles montent à la surface. M. Langerhans⁽³¹⁾ s'assura également, que chez les larves de salamandre, elles n'atteignent jamais la surface dans les circonstances ordinaires ; mais après avoir plongé pendant un moment dans l'eau une salamandre qu'il venait de tuer, il les vit se frayer un passage entre les autres cellules pour arriver à la surface et prendre l'apparence des cellules-en-calice de la bouche. Toutefois, il ne veut point affirmer que les cellules ouvertes des salamandres adultes dérivent des utricules fermées de leurs larves. Ce fait que dans l'épiderme du protée, à tous les degrés de développement, on ne trouve que des cellules muqueuses fermées et point de vraies cellules-en-calice, rapproche cet animal des larves de salamandres, aussi bien que la respiration branchiale et que la présence des organes sensitifs sur la peau.

L'observation suivante me fait supposer que les utricules muqueuses des pérennibranches ont un rôle à jouer dans la *mue*. Le 7 août 1873 je remarquai sur une parcelle d'épiderme enlevée avec le rasoir à un axolotl long de 17 centimètres, qu'il y avait en-dessous des couches superficielles un grand nombre de gouttellettes ovales ou arrondies. Plusieurs essais d'imprégnation de l'épiderme par le nitrate d'argent restèrent infructueux ce jour-là. Le 9 août au matin le même axolotl et sa compagne étaient en pleine mue ; dans l'eau du bocal flottait une quantité de lamelles d'épiderme extrêmement minces et les deux animaux étaient encore couverts

(31) L. c. 748.

de lambeaux délicats qui se détachaient au moindre attouchement et dont les plus grands n'avaient que deux ou trois centimètres de longueur ; seul l'épiderme superficiel de la peau des pattes se détache en entier comme de petits gants. Examinés au microscope ces lambeaux paraissaient formés d'une ou deux rangées de cellules seulement et l'on ne pouvait y découvrir aucun orifice correspondant aux cellules muqueuses, tandis que chez les grenouilles, les crapauds, les tritons, ces orifices se voient très facilement sur les lamelles d'épiderme qui proviennent de la mue. On reconnaissait aisément les grandes cellules aplaties de la surface à leurs noyaux ratatinés, à leur aspect corné et transparent, puis celles de la seconde couche à leurs noyaux plus grands et plus fortement granulés. En-dessous de celles-ci se trouvaient des cellules-à-pigment ramifiées et un grand nombre de *masses coagulées* formées de granules brillants et qui avaient conservé la forme caractéristique des cellules muqueuses. N'est-il pas probable que les gouttelettes observées d'abord étaient sorties des utricules muqueuses pour préparer la mue et qu'ensuite ces utricules elles-mêmes avaient crevé et avaient vidé leur contenu sous les lambeaux soulevés de l'épiderme ?

Chez le protée je n'ai jamais observé de mue quoique j'aie gardé plusieurs de ces animaux pendant plus d'un an en captivité.

Le *derme* se compose de trois couches : 1^o une couche compacte supérieure qui limite à l'épiderme et qui est presque entièrement formée de fibres horizontales ; 2^o une couche lâche intermédiaire et 3^o une couche compacte inférieure. La *couche compacte supérieure* est interrompue à intervalles assez réguliers par les faisceaux verticaux qui

montent des régions profondes ; c'est au-dessous d'elle que se dépose le pigment noir chez les individus gardés en captivité et mal protégés de l'action de la lumière. La *couche lâche* a une trame de fibres verticales et obliques qui reliait l'une à l'autre les deux zones compactes et qui laissent entre elles de grandes lacunes occupées par un tissu gélatineux. Ces lacunes renferment souvent une agglomération considérable de corpuscules du tissu conjonctif ; sur les coupes fraîches, on y découvre une quantité de fibrilles ondulées et de cellules pâles qui s'unissent les unes aux autres par des filaments très délicats, en formant un réseau d'une élégance ravissante. C'est dans la couche lâche que sont logées les glandes cutanées et que cheminent la plupart des vaisseaux et des nerfs de la peau. Son épaisseur varie beaucoup ; dans certaines régions du corps elle disparaît presque entièrement, les deux couches compactes s'appliquent presque l'une sur l'autre et ne s'écartent plus que pour laisser un étroit espace aux glandes cutanées.

La *couche compacte inférieure* est formée en majeure partie de fibres horizontales, mais elles ont une disposition moins régulière. En dessous vient le tissu adipeux souvent plus épais que le derme et l'épiderme à la fois, même chez les individus qui ont jeûné plusieurs mois. Sur les pièces conservées à l'alcool, la graisse disparaît et il ne reste de ce tissu que de grandes aréoles en forme de losange. Dans certaines régions, il fait défaut et les muscles peauciers s'insèrent directement aux fibres inférieures du derme.

La peau du protéé et de l'axolotl paraît participer à cet état muqueux qui est la condition normale de celle du têtard et qui affecte celle des batraciens adultes au moment

de la reproduction. D'après la description de M. Leydig ⁽³²⁾, le derme du têtard présente encore, au lieu de la couche moyenne compacte de la grenouille adulte, un tissu lâche et gélatineux. Au-dessus vient, comme chez le protée qui a vécu en captivité, un réseau de cellules-à-pigment ramifiées ; mais la limitante supérieure est beaucoup plus mince que chez ce dernier.

Je n'ai jamais observé de papilles à la surface du derme, sauf au voisinage de l'anus où l'on en rencontre un petit nombre.

Glandes cutanées.

A l'opposé de l'axolotl, des salamandres et des batraciens, le protée n'a qu'une seule espèce de glandes peaucières ; ce sont des glandes à mucus qui correspondent aux *petites glandes à contenu transparent* des autres amphibiens. Elles ont presque toujours la forme d'un ballon chimique et se composent d'un corps qui est renfermé dans la couche lâche du chorion et d'un conduit excréteur qui traverse directement l'épiderme pour aller s'ouvrir à la surface. Souvent il est rétréci au moment où il traverse la couche compacte supérieure du derme, ce qui donne à la glande la forme d'une calebasse. Le corps de la glande mesure, en moyenne, 0,15 à 0,10 ^{mm}, mais on en trouve de plus petits, dont le diamètre ne dépasse pas 0,09 et aussi de plus grands où il atteint 0,25 et même 0,30 (p. ex. à l'angle de la mâchoire, auprès de l'anus, etc.). Sa tunique est une membrane homogène qui est semée, surtout au voisinage de l'orifice, d'un grand nombre de noyaux ovales et qui n'est pas doublée, de même que les glandes de la grenouille

(32) Nov. Act. Lepp. 1858. 44.

et de la salamandre, de fibres musculaires lisses⁽²²⁾. Les noyaux ovales mesurent de 0,014 à 0,018^{mm} de longueur. J'en ai compté plus de 70 sur une seule glande. Pour bien les voir, il faut isoler les glandes des fibres qui les entourent à l'aide de fines aiguilles (Pl. XVI, fig. 6). L'épithélium intérieur se compose de grosses cellules coniques dont le sommet arrondi se dirige du côté de l'orifice et qui se désagrègent avec la plus grande facilité. Elles s'insèrent sur la paroi par une large base polygonale, dont l'impression persiste sur les préparations conservées à l'alcool, et laisse sur la tunique un joli dessin formé de losanges et de polygones. (Pl. XV. fig. 2, k.) Ces cellules renferment un noyau excentrique arrondi, large de 0,012 et qui se teint plus fortement à l'hématoxyline que les noyaux ovales semés sur la membrane.

Elles paraissent formées d'une masse visqueuse et se décomposent avec une telle rapidité qu'on ne les distingue que sur les préparations fraîches. Sur une coupe horizontale, leurs sections forment autour de la glande un bord continu et sinueux en laissant l'intérieur parfaitement vide. Sur un plan plus profond, on distingue les cellules coniques polygonales ou qui tapissent la paroi (Pl. XVI, fig. 5).

Sur les coupes fraîches, préparées à l'acide osmique (1 : 900), on remarque souvent dans l'épithélium des glandes de gros granules dorés, très brillants, placés près des noyaux, et d'autres beaucoup plus petits au sommet des cellules, près de l'orifice.

(22) Comparez : Leydig, traité d'histologie. Trad. Paris, 1866. 88. — Die Molche der würtemb. Fauna. 1867. — Nov. act. Leop. 1868. — Ueber die Kopfdrüsen einh. Ophidier. Arch. f. mikr. A. IX. 1873. 598. — Eberth, Unters. zur norm. u. path. Anatomie der Froschhaut. 1859. — Engelmann, d. Hautdrüsen des Frosches. Pflüger's Arch. f. Physiol. V. 1872. 498.

L'axolotl, la salamandre, le crapaud et la plupart des autres amphibiens possèdent, outre les glandes muqueuses transparentes, un grand nombre de glandes beaucoup plus volumineuses, dont le contenu foncé est formé d'une quantité de granules arrondis, fortement réfringents et de grosses gouttelettes moins brillantes ; ces granules ne se dissolvent ni dans l'éther et l'alcool, ni dans les acides. Ce sont celles qui laissent écouler, quand on irrite l'animal, un suc laiteux doué de propriétés vénéneuses. Le mucus du protége, auquel ces glandes font défaut, n'a aucune propriété toxique ; on peut en mouiller la langue et la conjonctive sans ressentir la moindre irritation ; avec le suc qui suinte de la peau d'un triton ou d'un axolotl, cette expérience ne serait pas à conseiller.

En terminant, je prie Monsieur le professeur Eberth, d'agréer l'expression de ma profonde reconnaissance pour les conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer durant tout le temps que j'ai passé dans son laboratoire. Je remercie aussi vivement Messieurs Fauconnet, Eynard, Covelle et Schibenig, à la générosité desquels je dois les intéressants animaux qui ont fait l'objet de ces recherches.

Explication des Planches.

(XI à XVI.)

Pl. XI.

Distribution des organes sensitifs chez le protée. Gross. 3 à 3 1/2 fois.

Fig. 1. Face dorsale de la tête.

gna, groupe nasal antérieur.

o, œil caché sous la peau.

Fig. 2. Profil de la tête.

m, série marginale de la lèvre inférieure.

gna, groupe nasal antérieur.

gnp, groupe nasal postérieur.

l, ligne latérale.

c, emplacement du cœur.

o, œil.

Fig. 3. Face ventrale de la tête.

ld, lignes divergentes.

m, série marginale de la lèvre inférieure.

gnp, groupe nasal postérieur.

t, région ridée au devant des lentes branchiales.

am, articulation de la mâchoire.

c, emplacement du cœur.

Pl. XII.

Distribution des organes sensitifs et des nerfs cutanés chez l'axolotl.

Fig. 1. Jeune axolotl de 4 1/2 mois ; grandeur naturelle. Longueur 12 1/2 cent. ; l'insertion du membre postérieur correspond exactement à la moitié. Les branchies sont très développées ; le tronc de la branchie postérieure gauche mesure 1 1/2 cent., les franges 2 à 3 mm.

o, fossettes qui renferment les organes sensitifs, à la base de la crête dorso-caudale.

Fig. 2. Dessous de la tête d'un axolotl de 1 1/2 an grossi 2 fois. A gauche les nerfs cutanés sont disséqués.

ma, *m*, mylohyoïdien antérieur.

mpc, masse des m. mylohyoïdien postérieur et cératohyoïdien externe. Leur portion postérieure est comprise dans le repli de peau qui recouvre les fentes branchiales.

5^{iv}, maxillaire inférieur (trijumeau) à sa sortie de la mâchoire inférieure.

7, rameau mentonnier du facial; ses branches sont plus superficielles que celles du trijumeau et ne s'anastomosent pas avec elles.

rj, rameau jugulaire du facial.

Fig. 3. Axolotl mâle de 1 1/2 an, à peine grossi. Longueur 17 cent.; les branchies et les crêtes étaient beaucoup moins développées que chez le petit individu.

la, m. releveur du 1^{er} arc branchial.

m, masséter.

dg, digastrique.

t, temporal.

th, thymus.

5', branche cutanée du trijumeau.

5'', nerf ophthalmique situé plus profondément; il se ramifie aussi sur le canal nasal.

5''', maxillaire supérieur.

7, facial.

rj, rameau jugulaire du facial.

g, glossopharyngien ou branche antérieure du pneumogastrique, fournit le nerf de la 1^{re} branchie et disparaît sous le muscle digastrique.

l, nerf latéral, suit le bord supérieur de la veine. (La tunique adventive des veines est pigmentée.)

d, son rameau dorsal.

v, rameau ventral de la branche viscérale ou nerf latéral inférieur.

o, position qu'occupent les organes sensitifs sur la queue des jeunes exemplaires. Les individus âgés de 1 1/2 an n'en avaient pas en cet endroit.

Pl. XIII.

Éléments isolés des organes sensitifs du protée, dessinés à la ch. claire. Gross. 430 diam.

Fig. 1.

p, cellules pyriformes.

a, cellule-à-bâtonnet du cône intérieur.

Fig. 2. Cellule pyriforme semblable à celles de l'axolotl.

Fig. 3. 2 cellules-à-bâtonnet isolées d'une lamelle d'épiderme enlevée au vivant.

Fig. 4. 3 cellules sensitives du cône intérieur.

Fig. 5. groupe de cellules sensibles du cône intérieur.

Fig. 6. Cellules-à-bâtonnet d'un protée adulte. Les bâtonnets mesurent de 0,090 à 0,105 mm.

Fig. 7. Cellules fusiformes tectrices.

Fig. 8 et 9. Cellules tectrices.

Fig. 10 à 12. Cellules fusiformes.

Fig. 13 à 16. Cellules sensibles.

Fig. 17. Cellules tectrices.

Fig. 18. Petit organe sensitif imparfaitement développé.

Pl. XIV.

Axolotl. Gross. 430 diam. Dessins à la ch. claire.

Fig. 1. Groupe de cellules de la muqueuse olfactive.

gr, cellule olfactive (d'après Babuchin).

v, filets variqueux qui appartenaient probablement à d'autres cellules olfactives.

a, cellules de la muqueuse olfactive qui ressemblent aux cellules-à-bâtonnet des organes sensitifs de l'épiderme.

Fig. 2. Organe sensitif de l'épiderme isolé en entier.

p, groupe des pyriformes situé à l'intérieur du faisceau.

f, cellules fusiformes placées à l'extérieur.

Fig. 3. Cellule sensitive présentant une grande vacuole *v*, au-dessus du noyau.

Fig. 4. Cellule fusiforme très effilée prise dans la ligne latérale.

Fig. 5 à 7. Groupes de diverses cellules dessinées dans leur position naturelle.

p, pyriformes.

a, cellules sensibles-à-bâtonnet.

b, cellules sensibles (?) à noyau oblong.

f, fusiforme.

Fig. 8. Cellule sensitive. *v*, vacuole.

Fig. 9. Cellule fusiforme tectrice.

Fig. 10. Cellules isolées de la lèvre supérieure ; macération de cinq jours dans la liqueur de Müller. Les prolongements sont larges, pâles, membraneux et renferment de nombreuses gouttelettes.

Fig. 11 à 13. Cellules sensibles (?) prises dans la ligne latérale. 12 et 13 représentent la même cellule de face et de profil.

Fig. 14. Cellule tectrice munie d'un long appendice rigide.

Pl. XV.

Fig. 1. Coupe horizontale dans l'épiderme du protéé, à travers deux organes sensitifs. Dessin à la chambre claire. Gross. 430 diam. La coupe est légèrement oblique, de manière que l'organe sensitif placé en haut, est coupé plus haut que l'autre dans la zone où les cellules tectrices sont aplaties.

c, noyaux des cellules du cône intérieur.

a, sections en forme de losange des bâtonnets des cellules sensitives qui entourent le cône intérieur.

f, noyaux des cellules fusiformes placées à mi-hauteur.

f', bâtonnets des cellules fusiformes placées plus profondément.

t', sections en forme de croissant des cellules tectrices aplaties.

t, sections des cellules cylindriques qui entourent les organes sensitifs dans la zone profonde.

Fig. 2.

Coupe verticale dans la peau du protéé. L'ensemble du dessin est une combinaison de plusieurs préparations.

a et *b*, deux organes sensitifs dessinés à la chambre claire avec un gross. de 170 diam.

c, orifice d'une glande cutanée à la surface de l'épiderme.

d, cuticule de l'épiderme.

e, épiderme.

f, cellules muqueuses de l'épiderme.

g, couche compacte supérieure du derme.

h, zone dans laquelle se dépose le pigment chez les exemplaires captifs.

i, tunique de la glande semée de noyaux ovales : à gauche elle est déchirée et laisse voir les losanges (*k*) et les noyaux de l'épithélium interne.

l, couche lâche du derme, espaces lymphatiques, traversés par un réseau de corpuscules étoilés.

m, couche compacte inférieure, en-dessous de laquelle se dépose aussi un peu de pigment.

n, coupe des nerfs.

o, tissu adipeux sous-cutané.

Pl. XVI.

Protée. Grossiss. 430 diam. sauf les fig. 8 et 9.

Fig. 1 et *2*. Orifices de deux organes sensitifs et mosaïque de l'épiderme dessinés à la chambre claire. Imprégnation au nitrate d'argent. Les organes sensitifs se voient par

transparence au travers des cellules superficielles. Les points arrondis que l'on voit dans les orifices sont les extrémités des cellules pyriformes.

Fig. 3. Deux organes sensitifs incomplètement développés. L'un montre les cellules superficielles et l'orifice, l'autre une zone plus profonde et quelques noyaux du cône intérieur.

Fig. 4. Organe sensitif isolé d'une coupe à l'aide des aiguilles.

c, noyaux du cône intérieur.

f, cellules fusiformes à pied dentelé.

Fig. 5. Coupe horizontale au travers d'une glande cutanée.

Fig. 6. Fragment de la tunique homogène d'une glande avec ses noyaux ovales.

Fig. 7. Cellules muqueuses de l'épiderme.

Fig. 8. Cellules épidermiques superficielles dessinées au syst. XI. Imm. Hartn. pour montrer les stries de la cuticule (*c*).

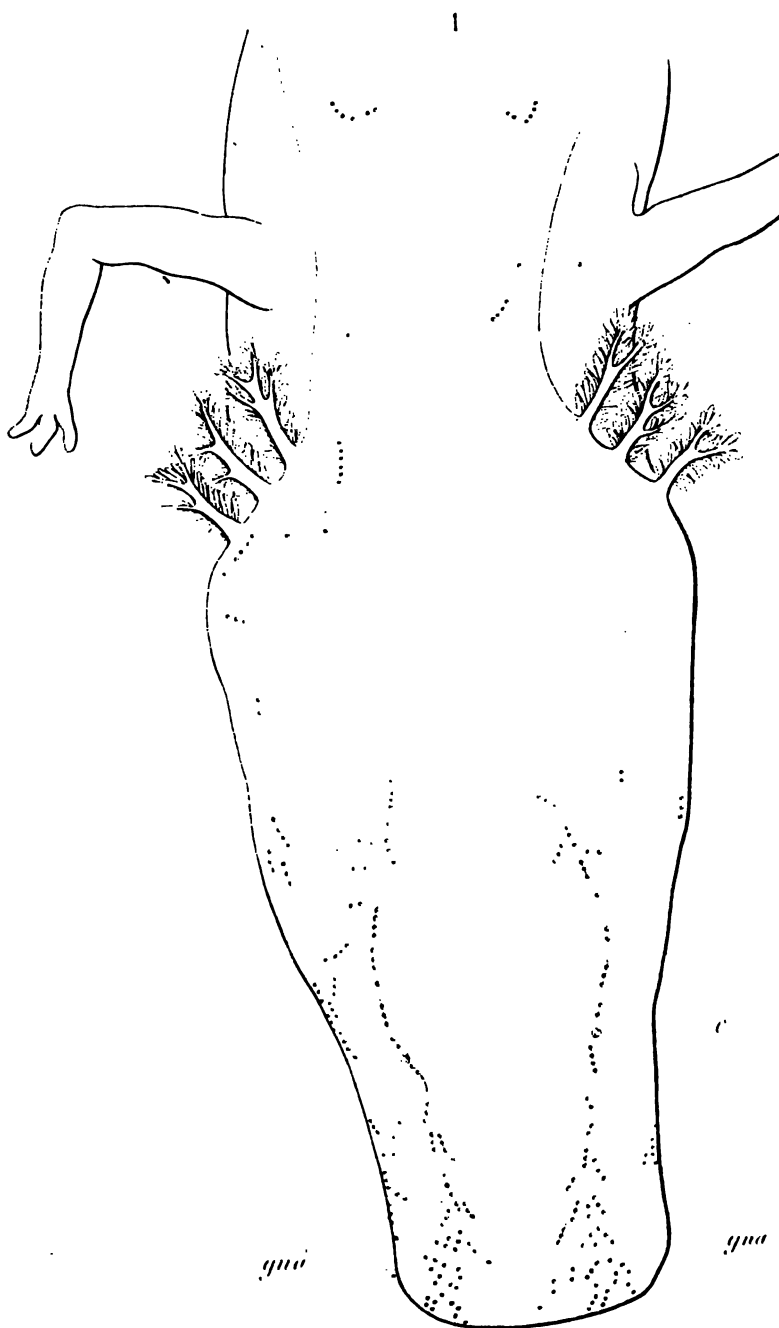
Fig. 9. Cellule épidermique d'un jeune protée. Syst. XI. Imm. Elle est presque entièrement remplie par le noyau.

Fig. 10. Plusieurs cellules des couches profonde et superficielle de l'épiderme.

c, cuticule avec les pores.

v, vacuoles brillantes.





Buquero del.

SUR LA THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉCHANGE

par

M. L. Walras,

professeur d'économie politique à l'Académie de Lausanne.

Monsieur Paul Piccard, professeur à l'Académie, membre de la
Société vaudoise des Sciences naturelles.

Lausanne, 25 octobre 1873.

Mon cher collègue,

J'ai communiqué à l'Académie des sciences morales et politiques, à Paris, dans ses séances des 16 et 23 août dernier, le principe de la *Théorie mathématique de l'échange* que je vous ai soumise et que vous avez pris la peine d'examiner dans le courant de l'hiver dernier. Cette communication doit être reproduite en janvier prochain dans le recueil des Séances et Travaux de l'Académie. Si vous pensiez qu'elle pût avoir quelque intérêt pour les membres de la Société vaudoise des sciences naturelles, je vous serais obligé de vouloir bien la signaler à leur attention. Je vous en transmets, à cet effet, le résumé suivant :

Je commence par distinguer l'économie politique pure de l'économie politique appliquée. Cette économie politique pure consiste, suivant moi, dans l'étude pure et simple des effets naturels et nécessaires de la libre concurrence en matière de production et d'échange, abstraction faite de toute considération d'intérêt ou de justice. Elle se ra-

mène tout entière à la recherche de la relation qui existe d'abord entre les quantités des marchandises et leurs prix, et de la relation plus complexe qui existe ensuite entre les quantités des services producteurs, les quantités des produits fabriqués, les prix de ces produits et les prix des services producteurs, sur un marché supposé parfaitement libre. L'économie politique pure ainsi envisagée me paraît avoir le caractère très accusé d'une science physico-mathématique.

Soit donc un marché régi par la libre concurrence ; sur ce marché, deux marchandises seulement, pour commencer, (A) et (B). Il s'agit d'exprimer mathématiquement et, si l'on peut, de représenter géométriquement l'enchaînement de phénomènes d'où résultent le prix de (A) en (B) et le prix réciproque de (B) en (A). Je commence, avant tout, par décrire le mécanisme de la libre concurrence. Je définis la *demande effective*, qui est la demande d'une certaine quantité de marchandise à un certain prix, et l'*offre effective*, qui est, de même, l'offre d'une certaine quantité de marchandise à un certain prix ; et j'établis que le prix courant est déterminé par l'égalité de la quantité effectivement demandée et de la quantité effectivement offerte. Je cherche ensuite l'expression mathématique des dispositions à l'enchère des porteurs de (A) et de (B). Cette expression s'obtient au moyen de courbes rapportées à deux axes perpendiculaires, les abscisses correspondant aux divers prix possibles de zéro à l'infini, et les ordonnées correspondant aux quantités effectivement demandées à chaque prix. Ce mode de représentation géométrique des dispositions à l'enchère des échangeurs, qui est la base de toute la théorie, étant une fois adopté, il reste, comme deux questions à résoudre, à montrer :

1^o Comment les prix courants résultent des courbes de demande ;

2^o Comment ces courbes de demande résultent elles-mêmes de l'utilité et de la quantité des marchandises.

Si on ajoute toutes les courbes de demande partielle de (A) et toutes les courbes de demande partielle de (B), en additionnant toutes les ordonnées pour une même abscisse, on obtient deux courbes de demande totale : la courbe de demande totale de (A) en (B), et la courbe de demande totale de (B) en (A). Mais, en vertu de la définition de la demande et de l'offre effectives, *l'offre effective d'une marchandise contre une autre est égale à la demande effective de cette autre multipliée par son prix en la première*. Il suit de là que la courbe de demande de (A) donne l'offre de (B), en fonction du prix de (A) en (B), par les surfaces des rectangles des coordonnées, et que la courbe de demande de (B) donne l'offre de (A) d'une manière analogue. On peut donc, par une application de géométrie analytique, construire à part les courbes d'offre totale ; et leur intersection avec les courbes de demande totale fournira les prix courants correspondant à l'égalité de l'offre et de la demande.

Il s'agit, en second lieu, de montrer comment les courbes de demande résultent mathématiquement de l'utilité et de la quantité des marchandises. Ici se présente une difficulté : c'est la représentation géométrique de l'utilité qui n'est pas une grandeur appréciable. Cette difficulté se résout par l'hypothèse d'un étalon de mesure de l'intensité des besoins. Dès lors, deux axes perpendiculaires étant donnés, on porte sur l'axe vertical une longueur égale à la quantité de marchandise nécessaire pour la satisfaction à discrétion des besoins de l'échangeur : c'est l'*utilité d'ex-*

tension ; et, sur l'axe horizontal et sur des parallèles à cet axe, on porte des longueurs égales aux intensités décroissantes des besoins qui sollicitent chaque unité ou fraction d'unité de la quantité ci-dessus : ce sont les *utilités d'intensité*. L'utilité, dans ses deux facteurs, est ainsi exprimée par une courbe. La même courbe, en vertu de sa construction, donne aussi : 1^o la somme des besoins satisfaits, en extension et en intensité, ou l'*utilité effective*, en fonction de la quantité possédée, par ses surfaces ; et 2^o l'intensité du dernier besoin satisfait, ou la *rareté*, aussi en fonction de la quantité possédée, par ses abscisses. La *quantité possédée*, la *rareté* et l'*utilité effective* sont ici, vous le remarquerez, en matière d'échange, exactement dans le même rapport mathématique que le *temps*, la *vitesse* et l'*espace parcouru* en matière de mouvement. D'ailleurs, chaque échangeur pouvant et devant être supposé chercher la plus grande satisfaction possible de ses besoins, la quantité respective de chaque marchandise à conserver ou à obtenir par échange, à un prix courant donné, est déterminée mathématiquement par la condition *que la somme des surfaces d'utilité effective soit maximum*. Quelle est cette condition ? Une application simple et facile de calcul différentiel et intégral, que vous avez aperçue et énoncée vous-même, si vous vous en souvenez, dès que je vous ai posé la question, montre que c'est *que le rapport des raretés soit égal au prix*.

Je déduis de cette exposition une définition analytique de l'échange, ainsi qu'une formule scientifique de la loi de l'offre et de la demande. Je fais enfin entrevoir les conséquences d'une méthode qui, en introduisant dans l'économie politique pure la précision de définitions et la rigueur de déductions qui existent dans la mécanique pure, permet

5 SÉP.

THÉORIE DE L'ÉCHANGE.

BULL. 321

une démonstration mathématique de la plupart des règles de l'économie politique appliquée.

En vous remerciant à l'avance de vouloir bien me servir ainsi d'intermédiaire auprès de la Société des sciences naturelles, je vous prie d'agréer, mon cher collègue, l'expression de mes sentiments bien dévoués.

LÉON WALRAS.



PROCES-VERBAUX.

SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la séance du 22 janvier est lu et adopté.

M. le président informe la Société que le Comité a confirmé dans leurs fonctions MM. L. DUFOUR, éditeur du Bulletin, et MAYOR, bibliothécaire, et qu'il a nommé M. LARGUIER, secrétaire correspondant.

Le président donne la liste des livres reçus depuis la dernière séance et qui déposent sur le bureau ; il fait ensuite lecture :

1^o D'une lettre de M. LOMEL, ingénieur, relative à l'emploi du legs de Rumine ; cette lettre sera examinée lors de la rédaction des statuts.

2^o D'une lettre de M. le docteur MALHERBES qui prie la Société de s'intéresser à la conservation des blocs erratiques du territoire de Bonvillars. Renvoyé à la commission géologique.

Enfin le président propose de prendre deux souscriptions à la société paléontologique suisse. Cette proposition est adoptée.

M. L. DUFOUR, prof., continue l'exposé de ses recherches sur la réflexion de la chaleur solaire à la surface du lac et fait voir aux membres de la Société un certain nombre de courbes thermiques relevées à différentes stations. Il termine par quelques détails sur les mirages observés sur le lac pendant l'été. (Voir aux mémoires.)

M. PAUL PICCARD, prof., pense que le degré de poli de la surface du lac doit avoir une certaine influence sur la chaleur réfléchie par ses eaux.

M. BISCHOFF, prof., donne à la Société quelques renseignements sur les tarlatanes vertes, dont il présente un fragment détaché d'une robe de bal. D'après les analyses de ce professeur, un mètre carré de cette étoffe contient 3,89 grammes d'acide arsénieux. Il en faut environ 7 mètres carrés pour un vêtement, ce qui représente 27,29 grammes d'acide arsénieux ou 46 grammes de couleur, à supposer que ce soit le vert de Scheele normal qui ait été employé. Cette dernière somme équivaut à la sixième partie du poids de la robe. Quant au danger résultant de l'usage de cette étoffe, M. Bischoff dit que l'apprêt qu'elle subit empêche le principe toxique de s'en détacher facilement; la tarlatane est d'ailleurs peu solide et par conséquent de peu de durée. Enfin, il serait difficile d'en proscrire l'usage, car cette couleur verte, d'un fort bel effet à la lumière, n'est remplaçable par aucune autre et ne sera jamais abandonnée par les fabricants.

M. FRAISSE, ing., pense qu'il serait intéressant de faire des recherches sur d'autres étoffes vertes, plus usuelles que la tarlatane.

M. GUILLEMIN, ing., demande si l'hydrogène arsénié dégagé à la longue par l'usage de ces étoffes n'est pas beaucoup plus dangereux que l'acide arsénieux qu'elles contiennent.

M. REITZEL, instituteur à l'Ecole normale, présente une collection de minéralogie composée de cent échantillons et dont le prix est de quinze francs. Des collections pareilles pourraient être introduites avec avantage dans nos écoles primaires.

M. CAUDERAY donne lecture de la note suivante :

« Le 30 juillet 1872, entre midi et une heure, une partie de la Côte fut dévastée par la grêle ; les localités qui ont le plus souffert sont Perroy, Allaman, Buchillon, Etoy et Saint-Prex. Sur le territoire d'Allaman, aucune vigne ne fut épargnée et la récolte a été totalement perdue. Les jardins et les plantages furent hâchés, une partie des blés et des avoines encore sur champ, fut également perdue. On compte qu'en cinq minutes la grêle causa sur le territoire d'Allaman un dommage supérieur à cent mille francs. Les grêlons avaient la grosseur d'un noix entière et pesaient encore une demi-once près de deux heures après le sinistre. Il est intéressant de rappeler que ce phénomène s'est produit trois fois sur le territoire d'Allaman, à 41 ans d'intervalle, en 1790, en 1831, et enfin en 1872. »

SÉANCE ORDINAIRE DU 19 FÉVRIER 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président donne lecture d'une lettre de M. Dutoit qui accepte les fonctions de caissier de la Société pour le prochain exercice.

Il donne ensuite communication de la présentation de M. LÉON MARTINET, pharmacien à Orbe, par M. Chastellain, et de celle de M. EUGÈNE CLÉMENT, pharmacien à Orbe, par M. A. Klunge.

Après indication des ouvrages reçus, le président lit une circulaire adressée par la Société helvétique des sciences naturelles. Les questions purement administratives que renferme cette circulaire seront, sur la proposition de M. P. de la Harpe, étudiées par le comité.

M. FOREL, prof., produit des documents officiels attestant qu'il existe à Leysin deux chèvres qui donnent journellement une bonne quantité de lait, sans avoir cependant jamais mis bas. Ce fait, si nouveau qu'il soit pour les signataires des documents, n'est cependant point sans précédents, et l'on a vu fréquemment la sécrétion lactée se présenter chez des femmes en dehors des conditions qui la déterminent habituellement.

M. L. DUFOUR, prof., met sous les yeux de la Société les deux premiers numéros du rapport de l'autorité fédérale sur le percement du Saint-Gothard et en relève les détails les plus intéressants.

M. GUILLEMIN, ingénieur, ajoute qu'on va essayer à Göschenen de nouveaux compresseurs imaginés par M. Roy, à Vevey, et qui sont destinés à diminuer le frottement du piston dans la tige des moteurs.

M. le docteur NICATI fait connaître quelques résultats des travaux de pisciculture qu'il a entrepris dans l'établissement fondé à la poissine, près Bonvillars, par M. le docteur Chavannes. Un grand nombre d'œufs de truites ont été fournis par lui aux établissements de Vallorbes, au Moulin Cosseau, près d'Yverdon, au Brassus où M. Raymond est également parvenu à obtenir une nombreuse éclosion de saumons. M. Nicati a tenté d'établir un incubateur à Bougy, mais la mauvaise qualité de l'eau fournie par les marais avoisinants a empêché l'éclosion des œufs ou fait périr les alevins embourbés dans le limon. Non loin de là, dans une fontaine dépendant de la propriété de M. Delessert, le docteur Nicati a réussi à faire éclore 20,000 œufs. Presque tous ces œufs proviennent d'un barrage établi sur l'Aubonne près du Grand Bois ; on en a récolté environ 100,000 en 1872.

M. FOREL, prof. rapporte que M. Chatelanat, l'un des fermiers de l'Aubonne, y a pêché dernièrement un saumon de cinq livres. Ce poisson âgé de 5 à 6 ans, paraît être un descendant des saumons jetés dans le lac, il y a 10 ou 12 ans, par M. Aug. Chavannes.

M. FRAISSE et M. GUILLEMIN, ingénieurs, citent des exemples de saumons pris dans le lac et qui paraissent être de même provenance.

M. GUILLEMIN indique un procédé qu'il a employé pour prévenir le bris des verres de lampe à pétrole. Il consiste

à empêcher le courant d'air froid de se produire en mettant un petit bonnet sur l'extrémité du tube.

M. FOREL, prof., recherche dans les conditions physiologiques du séjour à la montagne ce qui peut expliquer l'influence favorable sur la santé et le bien-être des personnes en-dehors de l'état de maladie. Pour lui, le séjour à la montagne se traduit : 1^o par une surabondance d'activité vitale et une excitation générale engageant au mouvement, à la promenade; 2^o par une augmentation de forces qui permet un déploiement de force musculaire plus considérable qu'en plaine. M. Forel explique la première de ces actions par la satisfaction que trouve à la montagne la curiosité naturelle à l'homme ; quant à l'augmentation des forces, le professeur l'attribue à la sécheresse et à la basse température de l'air. En effet, l'organisme souffre moins de l'élévation de température, produite par les mouvements musculaires, si les conditions extérieures permettent au corps de revenir promptement à la température normale.

M. le docteur DUBOUX pense que la composition de l'air joue aussi un rôle dans ces effets ; les miasmes et les matières organiques en suspension n'existent presque pas dans l'air des Alpes.

SEANCE ORDINAIRE DU 5 MARS 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et approuvé.

MM. LÉON MARTINET et Eugène CLÉMENT sont proclamés membres effectifs de la Société.

Est présenté à nouveau en cette qualité, M. Charles BEHRENS, pharmacien à Lausanne, par M. le professeur Renevier.

Le président donne la liste des ouvrages reçus depuis la séance du 19 février.

M. RENEVIER, prof., met sous les yeux de l'assemblée le premier volume du *Corso di Geologia*, du professeur STOPPANI, en voie de publication. M. l'abbé A. Stoppani, professeur de géologie à l'institut technique de Milan, a publié de 1865 à 1869 une première édition de cet ouvrage, destiné spécialement à ses élèves. L'intérêt croissant qu'on prend, en Italie, à la géologie a mis M. Stoppani dans l'obligation de préparer une seconde édition qu'il a si complètement retravaillée qu'elle est devenue un ouvrage presque nouveau. Le cours complet se composera de trois volumes dont le premier est entièrement terminé et est intitulé *Dynamique terrestre* ; il est consacré à l'étude du globe dans son état actuel. Le second et le troisième volume sont en cours de publication et sont consacrés, l'un sous le nom de *Géologie endographe* à l'étude des terrains éruptifs ; l'autre, sous le nom de *Géologie stratigraphique*, à l'étude des terrains sédimentaires.

M. RENEVIER présente aussi l'ouvrage récent de M. le professeur STUDER intitulé : *Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und Umgebung*. C'est un répertoire alphabétique de toutes les dénominations de roches et terrains qui se rencontrent dans le centre de l'Europe.

M. L. DUFOUR, prof., montre à la Société un nouveau moyen de produire une flamme sensible, découvert par M. Govi. Cette flamme consiste en un jet de gaz à éclai-

rage sortant d'un tube effilé, que l'on allume au-dessus d'un treillis métallique analogue à celui des lampes Davy. Le professeur montre que la flamme ainsi obtenue permet de constater les plus faibles vibrations de l'air ; recouverte d'un tube en verre d'un certain diamètre, elle y produit des sons musicaux fort remarquables.

M. Dufour fait voir ensuite un procédé très simple pour montrer la densité des vapeurs d'après leur diffusion. Un vase de verre contient un récipient poreux pourvu d'un bouchon relié à un manomètre à eau. Un long tube ayant un entonnoir à son extrémité supérieure aboutit au fond du vase de verre. Quelques gouttes d'éther, par exemple, déposées dans l'entonnoir au moyen d'un tampon de coton, se vaporisent, fournissent une vapeur qui tombe dans l'intérieur du tube et qui arrive dans le vase de verre. Il y a immédiatement diffusion à travers le vase poreux et une diminution de pression dont la colonne manométrique donne la mesure.

Enfin, M. Dufour fait voir aux membres de la Société le spectroscope à vision directe acquis dernièrement par le cabinet de physique de Lausanne. Un assemblage de deux prismes de flint et de trois prismes de crown juxtaposés permet à la lumière de se décomposer sans cesser de se mouvoir en ligne droite. Latéralement, cet instrument est muni d'une échelle qu'on voit par réflexion et qui sert à déterminer la position des différentes raies spectrales.

M. SCHNETZLER, prof., rend compte d'une observation géologique qu'il a faite près de Rossinière. Dans un calcaire marneux mis à jour par le percement d'une route, M. Schnetzler a trouvé des masses blanches efflorescentes,

que l'examen microscopique a fait reconnaître pour des cristaux d'arragonite mélangés de radicules végétales et du mycelium d'un champignon. La provenance de ces cristaux mérite d'être mentionnée. On sait que les végétaux privés de chlorophylle exhalent de l'acide carbonique. C'est à la solution de cet acide dans l'eau qui suinte de la roche qu'est due la dissolution du carbonate de calcium qui la constitue, ainsi que sa cristallisation en prismes d'arragonite.

Le même professeur montre ensuite un lambeau de lichen (*Umbilicaria virginis*) récolté sur le Combin, à une altitude de 12,000 pieds, par M. Isler, membre du Club alpin. Ce lichen est très rare et a été trouvé pour la première fois sur la Jungfrau.

M. Schnetzler termine en entretenant la Société d'un nouveau destructeur de la pomme de terre, le *Doryphora decemlineata*, coléoptère de la famille des *Chrysomélides*. Cet insecte est à l'heure qu'il est une véritable plaie pour les agriculteurs des Etats-Unis. Venu des Montagnes-Rocheuses, où il vit sur une solanée sauvage, il a, depuis 1856, traversé tout le territoire de l'Union et se rencontre maintenant jusque près de la côte orientale. Cette prompte dissémination s'explique facilement par le fait que chaque femelle pond de 700 à 1200 œufs et que chaque année voit éclore trois générations. La larve et l'insecte parfait sont également nuisibles, se nourrissant tous deux des feuilles de la pomme de terre, dont ils dévastent les champs en peu de jours. La destruction de ce petit animal est d'autant plus difficile qu'il supporte les plus grands froids et que les oiseaux insectivores n'osent s'attaquer à lui par crainte des liquides âcres qu'il contient. L'homme même

ne le touche pas sans voir ses mains se couvrir de douloureuses ampoules.

SÉANCE ORDINAIRE DU 19 MARS 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN. président.

Secrétaire: M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. CH. BEHRENS est proclamé membre effectif de la Société.

M. le président donne la liste des livres reçus depuis la dernière séance. Parmi eux se trouve un fort bel ouvrage, enrichi de planches coloriées (Bulletin du congrès des vétérinaires, à Zurich, en 1865) offert par M. Bieler.

La Société adresse à ce dernier ses vifs remerciements.

M. le président donne lecture du projet de convention à passer entre la Société de Sciences naturelles et la Société vaudoise de consommation en vue d'obtenir la jouissance d'un appartement pour y placer la bibliothèque. Mis aux voix, le projet est adopté à l'unanimité.

M. EUGÈNE DELESSERT montre à la Société un papillon du genre *Noctua* dont les chenilles ont causé des ravages assez considérables dans certaines vignes de la Côte.

M. HENRI KAMM présente un travail sur une propriété nouvelle du point radiant des étoiles filantes. (Voir aux mémoires du Bulletin n° 69.)

M. CH. DUFOUR, prof., communique à la Société quelques résultats d'une étude comparative sur les mirages et la

réflexion à la surface de notre lac, étude sur laquelle il se propose de revenir dans une prochaine séance. M. Dufour établit que les images renversées, observées sur les différents points du lac, sont presque toujours dues aux mirages, la convexité de la surface de l'eau ne permettant pas de voir la réflexion des objets à une distance un peu considérable.

M. FOREL, prof., ajoute que les nombreux corps flottants et les bulles de gaz qui se dégagent constamment à la surface du lac empêchent celui-ci d'être jamais assez uni pour constituer un vrai miroir. M. Forel montre ensuite deux instruments qui pourront être utilisés dans l'étude zoologique du fond du lac.

M. OLIVIER présente des pots en terre cuite et des fragments de squelettes humains, trouvés dernièrement à Givrins, dans un banc de sablon. Ces objets paraissent remonter à l'époque romaine.

Enfin M. MAYOR, instit., fait voir un crâne humain, trouvé dans les terres de Martheray, remarquable par une suture frontale très apparente.

SÉANCE ORDINAIRE DU 2 AVRIL 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire: M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président donne la liste des livres reçus depuis le 19 mars, parmi lesquels se trouve un exemplaire du *Traité*

de chimie de Naquet et 12 livraisons des annales de chimie, publiées par M. Wurtz.

Ces deux ouvrages sont offerts à la bibliothèque de la Société par M. Gustave Cuénod, de Corsier. La Société lui adresse ses vifs remerciements.

M. DE MOLLINS, préparateur de chimie au Polytechnicum de Zurich, donne les résultats de quelques observations qu'il a faites sur les propriétés chlorurantes du chlorate de potassium et indique une nouvelle manière de produire l'hydrogène sulfuré au moyen de l'action qu'exercent sur le soufre certains hydrates sulfuré. (Voir aux mémoires du Bulletin n° 69).

A propos des propriétés chlorurantes du chlorate de potassium, M. JULES PICCARD, professeur à Bâle, fait remarquer que l'acide iodique et ses sels se comportent souvent aussi comme des corps iodurants et non comme des corps oxydants, c'est pour cela que l'acide iodique est employé en chimie organique pour obtenir les composés organiques iodés.

M. EUG. RENEVIER, prof., donne quelques renseignements sur la marche de la nouvelle société paléontologique suisse, qui compte actuellement près de 80 membres. M. Renavier ajoute que M. Geinitz offre en échange les mémoires de l'académie Léopoldine. Cette offre est renvoyée à l'examen du Comité.

M. SCHNETZLER, prof., rapporte une observation intéressante relative aux phénomènes de reproduction chez les tritons. Au printemps de l'année passée, M. Schnetzler trouva aux Avants une femelle de triton alpestre ; isolée dans un bocal, elle pondit au bout de 15 jours une ving-

taine d'œufs, qu'elle attacha à des feuilles de plantes aquatiques. Une partie des jeunes qui en provinrent furent mangés par leur mère ; ceux qui furent séparés d'elle dès le principe achevèrent toutes leurs métamorphoses.

Ce fait est contradictoire avec les idées émises par Rusconi, Vogt, Darwin et d'autres zoologues sur la fécondation des tritons. Dans le cas particulier, deux hypothèses seulement sont admissibles : celle d'une fécondation intérieure ayant précédé la captivité de l'animal ou celle de la parthénogénésie.

M. BIELER, présente à la Société des préparations microscopiques de douves libres et enkistées, trouvées derrière le cristallin de la perche du lac Léman par M. Rey, étudiant à l'académie de Lausanne.

M. L. DUFOUR, prof., continue l'exposé de ses recherches sur la réflexion de la chaleur solaire à la surface du lac. (Voir aux mémoires du Bulletin n° 69.)

M. RENEVIER, prof., attire l'attention de la Société sur les travaux de terrassement qui se font actuellement en Martheray. M. Renevier a remarqué que le monticule de l'ancien manège est formé de boue glaciaire contenant des cailloux roulés ; il serait donc la continuation de la moraine de Montbenon et Saint-François.

M. CAUDERAY offre au nom de M. Hottinger des graines de *cèdre rouge* de Virginie.

Tableaux géologiques. — Une note explicative paraîtra dans un des prochains Bulletins. Les couleurs des tableaux sont celles admises par la commission géologique fédérale pour les cartes géologiques suisses.

E. RENEVIER.

LISTE DES LIVRES REÇUS

Séance du 6 novembre 1872.

Deutsch. geolog. Gesellschaft, Berlin. Zeitschrift, Bd. XXIV, Heft. 1-2.

Physik. medic. Gesellschaft in Würzburg. — Verhandlungen, Neue Folge, Bd. III, Heft. 1-2.

Smithsonian Institution. — Annual Report of the Board of Regents, 1870.

Bureau of the statistics, Washington. — Report on Immigration, 1871.

Physik. Gesellschaft, zu Berlin. — Fortschritte der Physik im Jahre 1868; Jahrg. XXIV.

Soc. impér. des naturalistes de Moscou. — Bulletin, année 1872, n° 1.

Società dei naturalisti in Modena. — Annuario, anno VI.

Zoological society of London.

Proceedings 1872. Part. I-III.

Revised list of the vertebrated animals now or lately living in the Gardens of the Z. S.

Catalogue of the Library.

Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande und Westphalens. — Verhandlungen, Jahrg. 8, hälft. 1-2; Jahrg. 9, hälft. 1.

Naturwissensch. Verein für Steiermark. — Mittheilungen. Jahrg. 1872.

Geological Society of London. — Quarterly Journal. N° 111.

Linnean Society.

Zoology. Journal n° 53-54.

Botany. Id. n° 66-67.

Proceedings 1871-72. — Additions of the Library.

K. k. geolog. Reichsanstalt.

Jahrbuch, Jahrg. 1872, Bd. XXII, n° 1.

Verhandlungen, 1872.

Accademia Gioenia di Sc. naturali di Catania. — Atti, serie terza. Tom. V.

Soc. helvet. des Sc. natur. — Schweiz. meteor. Beobacht. Aug.-Dezemb. 1871.

Royal geolog. Society of Ireland. — Journal, New series, Vol. III, Part. 1.

Royal Dublin Society. — Journal, N° XI.

Department of Agriculture of the United Stats.

Annual Report, for 1870.

Monthly Reports, for 1871.

American philosophical Society. — Proceedings, N° 87.

Essex Institute.

Proceedings and communications, Vol. XI, Part. III.

Bulletin, Vol. III, N° 2-12.

Commission géolog. fédérale. — Matériaux pour la carte géolog. fédérale, 11^e livr. et texte de la feuille VIII.

Académie impér. des sc. de St-Petersbourg. — Bulletin, Tome VII, feuilles 1-26.

Soc. des sc. natur. et histor. de l'Yonne. — Bulletin, ann. 1872, Vol. XXVI.

R. istituto Veneto. — Atti, Tome I, serie IV, disp. 5-9.

Société jurassienne d'émulation. — Actes, 22^{me} session. Questions à débattre.

Soc. des ingén. civils. — Mémoires, 24^e année, cah. 1-2.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, mars-juin 1872.

Soc. nationale des sc. natur. de Cherbourg. — Mémoires, Tome XVI.

Koenig. preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, März-Juni 1872.

Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni, anno 1872; bimest. 4-5.

R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino 1872, N° 5-6.

Soc. des sc. physiq. et natur. de Bordeaux. — Mémoires, Tome XIII, 3^e cahier.

Soc. de géograp. de Genève. — Le Globe, Tome VI, Liv. 3.

Soc. géologique de France. — Bulletin, Tome XXVIII, 1871, n° 2, 4; T. XXIX, 1872, n° 1-2.

Académie des sc. belles-lettres et arts de Lyon. — Mémoires, classe des sciences, Tome XVIII.

Commission géodésique suisse. — Procès-verbal de la 11^e séance.

Soc. d'agricult., hist. natur. et arts utiles de Lyon. — Annales, 4^{me} série, Tome II.

K. b. Akademie der Wissensch. zu München. — Sitzungsberichte 1871, Heft. III.

Soc. de statistiq. de Marseille. — Répertoire des travaux, Tome XXXIII.

Soc. linnéenne du nord de la France. — Mémoires, ann. 1868, 1869.

Soc. des sc. natur. de Neuchâtel. — Bulletin, Tome IX, 2^{me} cahier.

St-Gallisch. naturwissenschaft Gesellschaft. — Bericht über die Thätigkeit 1870-1871.

Naturhistor. Gesellsch. zu Hannover. — Jahresbericht 24; 1870-1871.

Soc. d'études scientifiques d'Angers. — Bullet., 1^{re} année.

Soc. académique de Maine et Loire. — Mémoires, Tomes XXV et XXVI.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisiennne, nos 7-10, 1872.

Soc. malacolog. de Belgique. — Procès-verbal, p. 41-82.

RUD. WOLF. — Astronomische Mittheilungen, p. 379-414.

ABEL TRANSON. — De l'infini en métaphysique et géométrie, à l'occasion d'une pseudo-géométrie.

REV. SAM. HAUGHTON.

On the constituent minerals of the Granites of Scotland.

On some elementary principles in animal mechanics,

N^o IV. On the difference between a hand and a foot, etc.

J. PLATEAU. — Sur la mesure des sensations physiques.

F. PLATEAU.

Matériaux pour la faune belge; 2^{me} note, Myriapodes.

Qu'est-ce que l'aile d'un insecte?

C. BRUHNS et A. HIRSCH. — Comptes-rendus des séances

de la conférence géodésique internationale pour la mesure des degrés en Europe.

E. PLANTAMOUR et A. HIRSCH. — Détermination télégraphique de la différence de longitude entre des stations suisses.

ALPH. DUBOIS. — Conspectus systematicus et geographicus Avium europæarum.

L.-J. MICHEL. — Détermination de la longueur du pied gaulois.

TOURNOUER.

Recensement des Echinodermes du calcaire à astéries.
Notice biographique sur Hugo von Mohl.

Séance du 20 novembre.

Société de physique de Genève. — Mémoires, Tome XXI, 2^{me} partie.

Société géolog. de France. — Bulletin, Vol. XXVIII, pages 305-384 ; Vol. XXIX, nos 3-4.

R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino Nos 7-8.

Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni N° 6.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, juillet-août 1872.

CH. FAUCONNET. — Excursions botaniques dans le Bas-Valais, mai 1872.

JOACHIM BARRANDE. (Don destiné à feu Ch.-Th. Gaudin.)
Céphalopodes siluriens de la Bohême. Groupement des Orthocères, février 1868.

I. Réapparition du genre *Arethusia* ; II. Faune silurienne des environs de Hof, en Bavière, déc. 1868.

Distribution des Céphalopodes dans les contrées siluriennes, février 1870.

Défense des colonies, IV, mars 1870.

Trilobites

ALEX. MILTON ROSS. — A classified catalogue of the Birds of Canada. Toronto 1872.

(*Famille Morlot, à Berne.* — Don du Bulletin de notre Société, n^{os} 20-56, reçu par feu M. Morlot.)

Séance du 4 décembre.

K. preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht. Juli 1872.

Société linnéenne du nord de la France, Amiens. — Bulletin mensuel, juillet-octobre 1872.

Senckenbergische naturforsch. Gesellschaft. — Bericht. 1869-1870.

Société d'études scientifiques d'Angers. — Bulletin, 1^{re} année, 1871.

Société des naturalistes de la Nouvelle-Russie, à Odessa. — Mémoires, 1872, 3 vol.

Séance du 18 décembre.

Government of Netherlands India. — Magnetical and meteorological Observations made at Batavia. (Dr P.-A. Bergsma, director.)

War Department Washington.

Three copies of the tri-daily Weater Map.

Three copies of the tri-daily Bulletin, current issue.

Kœnig. preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, August 1872.

Edinburgh geological Society. — Transactions, Vol. II, Part. 1.

Senckenb. naturforsch. Gesellschaft. — Bericht 1871-72.

K. k. geolog. Reichsanstalt.

Jahrbuch, Jahrg. 1872. Bd. XXII, Apr.-Sept. 1872.

Verhandlungen, N^o 7-13, 1872.

R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino, n^{os} 9-10.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, n^o 11.

Soc. industrielle de Mulhouse. — Bulletin, sept.-oct. 1872.

Kœnig. physik. ökonomische Gesellsch. zu Königsberg. — Schriften, Jahrg. XII, Abth. 1-2; Jahrg. XIII, Abth. 1.

Séance du 8 janvier 1873.

Soc. de géographie de Genève. — Le Globe, Tome XI, liv. 4.

Verein zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse, in Wien. — Schriften, Bd. XII.

Soc. impér. des naturalistes de Moscou. — Bulletin, année 1872, n^o 2.

Observatoire royal de Munich. — Verzeichniss von 4093 telescopischen Sternen Supplementband XII.

Physik. medic. Gesellschaft in Würzburg. — Verhandlungen, Neue Folge, Bd. III, Heft, 3.

Nassauischer Verein für Naturkunde. — Jahrbücher. Jahrg. XXV-XXVI.

Soc. florimontane d'Annecy. — *Revue savoisienne*, 13^e année, n^o 12.

Lyceum of Natural History, New-York.

Proceedings, avril 1870-1871.

Annals, Vol. IX, n^o 13; Vol. X, nos 1-7.

Royal Society, London. — Proceedings, nos 130-137.

Séance du 22 janvier.

Soc. d'agricult., sciences et arts de la Sarthe. — Bulletin, Tome XXI, 1^{er}-3^e trim.

Oversigt over det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs. — Forhandlinger og dets Medlemmers Arbejder i Aaret 1871, n^o 3; 1872, n^o 1.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, nov.-déc. 1872.

Soc. malacologique de Belgique. — Procès-verbaux des séances, Tome I, p. 83-118.

FÉLIX PLATEAU. — Recherches physico-chimiques sur les articulés aquatiques; 2^e partie. Résistance à l'asphyxie par submersion.

Dr RUD. WOLF. — Beiträge zur Geschichte der Schweizer-Karten. I. Eine Vorlesung von Joh. Feer im Jahre 1817.

AUG. FOREL. — Beiträge zur Kenntniss des Thalamus opticus und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren.

J. PLATEAU.

Etude psycho-physique. Recherches théoriques et expérimentales sur la mesure des sensations et spécialement des sensations de lumière et de fatigue.

Réponse aux objections de M. Marangoni contre le principe de la viscosité superficielle des liquides.

X. DE REUL. — Guide dans les collections préhistoriques des âges de la pierre. Bruxelles 1872. (Don de M. Panchaud, anc. past.)

Séance du 5 février.

Soc. des Ingénieurs civils. — Mémoires, 24^e année, 3^e-4^e cah.; 25^e année, 1^{er}-2^e cah.

K. b. Akad. der Wissensch. zu München.

Sitzungsberichte, 1872. Heft. I-II.

Inhalts verzeichniss zu Jahrgang 1860-1870 der Sitzungsberichte.

König, preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, Sept.-Octob. 1872.

Naturhist. medicin. Verein, zu Heidelberg. — Verhandlungen. Bd. X, 1871.

Académie de Stanislas. — Mémoires, 4^e série. Tome IV.

Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni, anno 1873. primo bimestre.

Soc. helv. des sc. natur. — Schweig. meteor. Beobacht. Résumé de 1870; März 1872.

RUD. WOLF. — Astronomische Mittheilungen, pag. 1-44; déc. 1872.

VENANCE PAYOT. — Catalogue de la série des roches de la chaîne du Mont-Blanc.

B. STUDER. — II. Gneiss und Granit der Alpen.

ABEL TRANSON. — Sur un nouveau mode de construction des coniques.

Séance du 19 février.

Academy of Natural Sciences of Philadelphia. — Proceedings, 1871. Part. I-III.

American philosophical Society of Philadelphia. — Proceedings, n° 88.

Boston Society of natural History.

Memoirs, Vol. II, Part. I, 2-3; Part. II, 1.

Proceedings 1869-1870, p. 362-435; 1870-71, p. 1-224.

Acad. des sc. belles-lettres et arts de Savoie.

Mémoires, 2^e série, Tome XII.

Etude préhistorique sur la Savoie, spécialement à l'époque lacustre (âge du bronze), par André Perrin.

Mosaïques de la villa romaine de Mérande. 5 planches.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, janvier 1873.

R. istituto veneto. — Atti, Tome I, serie 4, disp. 10; Tome II, serie 4, disp. 1.

R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino, nos 11-12, 1872.

Soc. d'hist. natur. de Colmar. — Bulletin, 12^e et 13^e ann.

Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. — Verhandlungen, 13^{ter} Jahrg.

Naturwissensch. Verein, von Neu-Vorpommern und Rugen.

— Mittheilungen, 4^{ter} Jahrg.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, 1873,
n° 1.

J. DE MOLLINS. — Recherches sur l'acide ferrique. Dis-
sertation inaugurale.

Séance du 5 mars.

Soc. helv. des sc. naturelles. — Schweiz. meteor. Beob-
achtungen. April 1872.

Geological society of London. — Quarterly Journal, n° 112.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, n° 2.

Museum of Comparative Zoology, Cambridge. Mass.

Bulletin, vol. III, n° 5-6.

Illustrated catalogue, n° 4-6.

Annual Report of the Trustees, for 1871.

Königl. preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin.

Monatsbericht, November 1872.

C. LIARDET, G. BRIDEL, etc. — Tunnels du Doubs ; rap-
ports des experts techniques et géologiques.

ALEX. AGASSIZ. — Application of Photography to Illu-
strations of natural History

Séance du 19 mars.

Soc. de géographie de Genève. — *Le Globe*, tom. XI. livrais. 5-6.

K. k. geolog. Reichsanstalt.

Jahrbuch, Bd XXII, n° 4.

Verhandlungen 1872, n° 14-17.

General-Register der Bände XI-XX des Jahrbuches
und der Jahrgänge 1860-1870 der Verhandlungen.

Geological society of London. — *Quarterly Journal*, n° 113
et 110.

Circolo geografico italiano. — *Pubblicazioni*, anno 1873;
2^d trimestre.

Conseil fédéral. — Rapport mensuel sur l'état des travaux
de la ligne du St-Gothard, février.

E.-. WARTMANN. — Notice historique sur les inventions
et les perfectionnements faits à Genève dans le champ
de l'industrie et dans celui de la médecine.

R. ZANGGER. — Amtlicher Bericht über den dritten inter-
nationalen Congress von Thierärzten zu Zurich, am
2.-7. September 1867. (Don de M. Bieler, méd.-vétér.)

Séance du 2 avril.

Naturforschende Gesellschaft in Bern. — Mittheilungen aus
dem Jahre 1871, nos 745-791.

Soc. des sc., de l'agricult. et des arts de Lille. — Mémoires, année 1871; 3^{me} série, vol. IX.

Soc. des sc. histor. et naturelles de l'Yonne. — Bulletin, année 1872, vol. 26.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin, févr. et mars 1873.

R. comitato geologico d'Italia. — Bulletino, anno 1873, n° 1-2.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisiennne, n° 3.

Württemberg. naturwissenschaftl. Verein. — Jahreshefte, Jahrg. 28, Heft 1-3.

Deutsche geolog. Gesellschaft. — Zeitschrift, Bd XXIV, Heft 3.

Acad. royale des sc. à Amsterdam.

Verslagen en Mededeelingen;

Afdeeling Naturkunde, Deel VI;

Alfd. letterkunde, Deel II.

Jaarboek 1871.

Don de M. Gust. Cuénod, à Corsier: *Naquet*, Principes de chimie, 2^{me} édition, 2 vol. — Annales de chimie et de physique par Chevreuil, Dumas, etc., ann. 1868.

Séance du 16 avril.

R. istituto lombardo di sc. e lettere.

Rendiconti, série II, vol. V; fasc. 8-16.

Memorie sc. matem. e naturali, vol. XII, fasc. 5.

Società italiana di sc. naturali. — Atti, vol. XV, fasc II; fogli 7-9.

Soc. impériale des naturalistes de Moscou. — Bulletin, année 1872, n° 3.

Königl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, déc. 1872.

Soc. des naturalistes de la Nouvelle Russie à Odessa. — Mémoires, 2 vol. 1872-1873.

Verein für Erdkunde und verwandte Wissensch. zu Darmstadt. — Notizblatt, Folge III, Heft 11, n° 121-132.

• *Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. B.* — Berichte über die Verhandlungen, Bd VI, Heft 1.

AUG. BERNABO SILORATA. — Il cavaliere Francesco Zantedeschi cenni biografici e considerazioni. Roma 1872.



SUR UNE
VARIATION DE TEMPÉRATURE
qui accompagne la diffusion des gaz

à travers une cloison de terre poreuse

PAR

M. L. DUFOUR,

Professeur de physique à l'Académie de l'instans.

Y a-t-il une variation de température lorsque deux gaz diffusent à travers une cloison poreuse? — C'est pour essayer de répondre à cette question que j'ai entrepris les expériences qui vont être décrites.

Les gaz qui diffusent peuvent être renfermés dans un volume limité; le phénomène s'accompagne alors d'un changement de pression. La pression augmente dans le gaz le plus dense, elle diminue dans l'autre, et il est intéressant de voir si des changements de température résultant du fait même de la diffusion viendront modifier ceux qui proviennent du changement de la pression. — Si la pression ne change pas des deux côtés de la cloison poreuse, il y aura seulement mélange des gaz et le phénomène sera probablement plus simple.

Appareils.

1. J'ai employé comme substance poreuse les vases qui servent dans les éléments galvaniques à deux liquides. Ces vases sont, du plus au moins, très aptes à fournir une bonne diffusion. Il y a cependant des différences de l'un à l'autre. J'ai naturellement utilisé, pour les présentes recherches, celui qui m'a paru donner la diffusion la plus prononcée. Je le désignerai par P dans la suite. C'est un vase cylindrique pesant 106 grammes, ayant 223^{mm} de longueur intérieure et 41^{mm} de diamètre. L'épaisseur de la paroi, un peu variable dans les divers points, est d'environ 3^{mm} 8. Plusieurs autres vases, d'ailleurs, différaient très peu de celui-là quant à leurs dimensions et quant à leur capacité diffusante.

Le vase P était fermé par un bouchon de caoutchouc joignant parfaitement. Ce bouchon était percé de trois ouvertures qui recevaient :

1) Un thermomètre H, dont la cuvette arrivait à peu près au milieu de P ; 2) et 3), des tubes de verre *a* et *b* ; *a* plongeait jusque près du fond du vase ; *b* débouchait dans la partie supérieure. Ces tubes, ainsi que le thermomètre, étaient à frottement juste dans leurs ouvertures.

Le cylindre P était placé au milieu d'un vase cylindrique de verre V ayant 145^{mm} de hauteur et 83^{mm} de diamètre. P était librement soutenu dans ce vase, sans toucher ni le fond ni les parois, au moyen d'une pince fixée à un support solide qui serrait le tube *a*, à 10^c environ au-dessus du bouchon. — Le vase V était fermé par une plaque mince de plomb qui reposait sur son bord supérieur et qui se repliait contre sa paroi extérieure. Cette plaque était percée en son milieu d'une grande ouverture

circulaire par laquelle était introduit P ; ouverture qui se trouvait fermée par le bord supérieur du bouchon de caoutchouc. Deux autres ouvertures plus petites pratiquées dans la plaque de plomb donnaient passage : 1) à un tube *c* qui aboutissait dans l'espace annulaire vide entre P et V ; 2) à un thermomètre H' dont la cuvette arrivait à moitié hauteur de P et à 2 ou 3^{mm} de sa surface extérieure.

Il résulte de ces dispositions que le vase P pouvait être absolument isolé de l'extérieur par la fermeture des tubes *a* et *b* ; mais que l'espace annulaire entre P et V ne pouvait pas l'être. La fermeture avec la feuille de plomb était naturellement insuffisante ; elle empêchait le gaz contenu dans l'espace annulaire de se mélanger trop rapidement avec l'air extérieur, mais elle ne permettait pas d'avoir une différence de pression entre cet espace et l'air libre.

Les deux vases P et V, emboîtés ainsi l'un dans l'autre, étaient installés dans un grand cylindre M, de terre ordinaire. V reposait sur trois bouchons placés sur le fond de ce dernier vase. Tout l'espace entre V et M était rempli de coton lâche ; une couche de coton recouvrait la lame de plomb ; enfin le vase de terre lui-même était entouré d'une couche de coton retenue par un linge formant une sorte de manteau extérieur. C'est du milieu de ce manteau et du coton qui avait encore été placé au-dessus de M, que sortaient les tubes *a*, *b*, *c* et les deux thermomètres H et H'. — Dans les recherches sur la diffusion avec changement de pression, M a été immergé dans un grand vase de zinc rempli d'eau afin de le soustraire encore davantage aux influences ambiantes.

a, *b* et *c* étaient reliés à des tubes de caoutchouc *a'*, *b'*, *c'* qui servaient à introduire dans le vase P, ou dans l'es-

pace entre P et V, les gaz qui devaient être mis en contact avec la paroi poreuse et intervenir dans la diffusion.

Les thermomètres H et H' sont divisés en cinquièmes de degré. Ils étaient observés à distance à l'aide d'une lunette de cathétomètre d'un grossissement de trente fois. En les plaçant d'une manière convenable relativement à la fenêtre, on apercevait les colonnes mercurielles et les divisions avec une grande netteté. On pouvait très sûrement apprécier un dixième de division, par conséquent $\frac{1}{50}$ de degré. J'ai même souvent poussé l'estimation jusqu'à la moitié de cette valeur. — Les deux thermomètres avaient été comparés et, dans les limites de température où les observations ont eu lieu, leur équation est sensiblement $H - H' = 0^{\circ},46$. On verra d'ailleurs, dans la suite, que leurs indications relatives sont beaucoup moins importantes à considérer que les variations que subissent chacun d'eux et spécialement le thermomètre H. Ce thermomètre, à très petite cuvette, à tube très fin également, est fort sensible et se trouvait bien approprié à son but.

Près du groupe des trois vases P, V et M a été installé un second groupe de trois autres vases (je les désignerai par P', V', M') disposés d'une manière tout à fait semblable et entourés des mêmes précautions pour éviter l'influence de la température ambiante. P' était aussi pourvu d'un thermomètre H'', dont la correction, par rapport à H, avait été déterminée ($H - H'' = 0^{\circ},26$); il était fermé par un bouchon que traversaient deux tubes analogues à a et b. — Le vase P' a été tantôt un cylindre de verre, tantôt un vase poreux semblable à P, mais verni à l'extérieur ou sur les deux faces. Ce vase P', en subissant les mêmes influences que P sans être poreux, a servi dans une partie des expériences de témoin, de son-

trôle. — Par une liaison convenable et facile à concevoir des tubes de caoutchouc, il était possible de faire passer un même courant gazeux d'abord dans P puis dans P', ou inversement.

Les dispositions qui viennent d'être décrites constituent l'appareil dans son ensemble ; mais elles n'ont pas toujours été utilisées d'une manière complète. On verra dans la suite que plusieurs expériences ont été faites uniquement avec le groupe P V M et aussi que, suivant les exigences de chaque cas, des instruments accessoires ont été ajoutés ou associés à ceux qui viennent d'être mentionnés.

2. Les gaz qui ont été soumis à la diffusion sont, d'une part, l'air ; d'une autre part, l'hydrogène, l'acide carbonique et le gaz d'éclairage (¹). L'hydrogène était obtenu par la réaction de l'eau acidulée et du zinc ; l'acide carbonique, par la réaction de l'acide chlorhydrique et du marbre.

Ces gaz étaient, *pour toutes les expériences*, recueillis au moins un jour à l'avance dans un grand sac de caoutchouc placé près de l'appareil.

(¹) J'ai choisi le gaz d'éclairage, quoiqu'il ne soit pas un composé simple, parce qu'il fournit avec l'air une très bonne diffusion et qu'il s'obtient en abondance sans manipulation préalable. Au point de vue des présentes recherches, et de leur caractère exclusivement physique, la composition complexe de ce corps ne m'a pas paru un inconvénient.

On verra plus loin que les gaz ont été employés parfois après dessiccation. Le passage du gaz d'éclairage sur la ponce sulfurique a pour conséquence un changement de couleur de l'acide qui devient brun foncé, presque noir. Cela correspond sûrement à quelque modification dans la composition du gaz ; mais à une modification dans laquelle, après absorption de la vapeur d'eau, les propriétés diffusantes du corps se conservent pleinement.

Influence de l'état sec ou humide des gaz qui arrivent en contact avec la paroi poreuse. (2)

3. Il importe de savoir si la présence de la vapeur d'eau dans le gaz employé donne lieu à des variations de température, indépendamment de tout phénomène de diffusion. Un grand nombre d'expériences, faites dans des circonstances variées, ont eu pour but de répondre à cette question préalable. Je vais en rapporter quelques-unes.

1^{re} EXPÉRIENCE. — Le témoin P' était un vase poreux semblable à P, mais verni à l'extérieur (vernis de gomme-laque et de cire dans l'alcool). On fit passer lentement un courant d'air non desséché à travers les deux vases P et P' successivement. Les changements de température observés en huit minutes furent $\Delta H = + 0^{\circ},13$ et $\Delta H'' = + 0^{\circ},12$. — Le passage du gaz a produit ainsi un réchauffement sensiblement le même dans les deux vases.

2^e EXP. — Du gaz d'éclairage ordinaire, non desséché, a fourni deux courants qui ont passé lentement, l'un dans P et ensuite dans P', l'autre, par le tube c, dans l'espace annulaire entre P et V. Les variations de température ont été, après quinze minutes : $\Delta H = + 0^{\circ},12$, $\Delta H' = + 0^{\circ},07$, $\Delta H'' = + 0^{\circ},09$.

(2) Les questions traitées dans ce chapitre m'ont conduit assez naturellement à voir s'il ne se produit pas une diffusion entre deux masses d'air à des états hygrométriques différents. Les essais entrepris dans ce but spécial conduisent à un résultat affirmatif que j'ai déjà annoncé dans une communication préliminaire (*Archives des sciences physiques et naturelles*, septembre 1872). — Ces recherches sur la diffusion entre l'air sec et l'air humide feront l'objet d'un prochain mémoire.

Ici encore, le passage du gaz non desséché a produit partout un faible réchauffement.

Dans ces deux premières expériences, le témoin P' avait sa surface intérieure libre, poreuse. Il fonctionnait donc, vis-à-vis du gaz circulant, comme un corps poreux semblable à P.

Après ces premiers essais, P a été verni à l'intérieur également. Il devait donc se comporter comme un corps non poreux.

3^e EXP. — Du gaz d'éclairage non desséché a fourni deux courants comme dans l'exp. 2. Après seize minutes, les variations de température étaient :

$$\Delta H = + 0^{\circ},27 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},21 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},04$$

Le témoin a donc à peine varié de température tandis que, dans le vase poreux, la variation a été assez considérable.

4^e EXP. — Essai semblable aux précédents. Les variations ont été, après 15 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},18 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},10 \quad \Delta H'' = 0^{\circ},08$$

5^e EXP. — Essai semblable aux précédents. Les variations de température ont été, après 18 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},31 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},20 \quad \Delta H'' = 0^{\circ},00$$

Ces expériences semblent indiquer qu'un courant d'air ou de gaz d'éclairage non desséchés, en contact avec les parois du vase poreux, donne lieu à une élévation de température dans des circonstances où il ne se produit pas de diffusion.

On a introduit dans le témoin P' un grand nombre de fragments d'un vase poreux brisé, de telle sorte que les

gaz circulant dans ce vase à parois vernies devaient se trouver en contact avec une assez grande surface de matière poreuse.

6^e EXP. — Des courants de gaz ont été dirigés comme dans l'exp. 2. Les variations de température ont été, après 20 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},40 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},25 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},36$$

On voit que le témoin offre maintenant aussi un accroissement de température.

7^e EXP. — Essai semblable au précédent. Les variations ont été :

$$\Delta H = + 0^{\circ},24 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},18 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},29$$

Les deux vases P et P' ont été remplacés par deux vases de verre ayant à peu près les mêmes dimensions, établis et installés comme leurs prédécesseurs.

L'un d'eux, celui qui remplaçait P, était vide, l'autre avait reçu un grand nombre de fragments d'un vase poreux brisé.

8^e EXP. — On a fait passer, à travers les deux vases, un courant d'air *desséché* par la circulation à travers de la ponce sulfurique. Voici les résultats des observations :

| TEMPS | H'' | H | TEMPS | H'' | H |
|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 32 ^m | 15 ^o 62 | 15 ^o 71 | 58 ^m | 14 ^o 60 | 15 ^o 80 |
| 35 | 15,62 | 15,71 | 60 | 14,44 | 15,78 |
| 37 | 15,65 | 15,75 | 63 | 14,28 | 15,72 |
| 43 | 15,68 | 15,77 | 70 | 14,04 | 15,57 |
| 45 | 15,62 | 15,78 | 74 | 14,18 | 15,58 |
| 50 | 15,16 | 15,78 | 83 | 14,64 | 16,68 |

De 35 à 43^m a passé de l'air ordinaire. A 43^m a commencé l'air desséché, lequel passait dans P et ensuite dans P'. A 70^m, nouveau courant d'air ordinaire. — On voit que, dans le vase pourvu de fragments poreux, la variation de température a été — 1°,64 entre 43 et 70^m; dans l'autre, la variation a été seulement — 0°,20. Dès que l'air sec a été remplacé par de l'air ordinaire, il y a eu réchauffement.

9^e EXP. — Essai semblable au précédent. De l'air sec circulant dans les deux vases produit, en 40 minutes, une variation de température de :

$$\Delta H'' = - 0^{\circ},84 \quad \Delta H = + 0^{\circ},08$$

L'air passait dans P avant d'arriver dans le vase à fragments poreux. A l'air sec succéda du gaz d'éclairage également desséché. Le thermomètre H'' baissa encore de 0°,05, puis se maintint plusieurs minutes de 14°,00 à 14°,02; le thermomètre H indiquait 14°,57. Un nouveau courant d'air sec durant 8 minutes, puis de gaz d'éclairage desséché pendant 10 minutes, laissèrent les deux thermomètres variant, l'un de 14°,57 à 15°,58 et l'autre de 14°,00 à 14°,05.

On introduisit alors de l'air ordinaire, non séché, et l'on observa :

| TEMPS | H'' | H | TEMPS | H'' | H |
|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| 31 ^m | 14°,04 | 14°,60 | 43 ^m | 14°,60 | 14°,62 |
| 34 | 14,08 | 14,60 | 45 | 14,66 | 14,66 |
| 37 | 14,20 | 14,60 | 48 | 14,84 | 14,64 |
| 42 | 14,56 | 14,62 | | | |

A partir de 43^m, le courant d'air passait dans un tube rempli de papier brouillard mouillé afin qu'il se chargât abondamment de vapeur d'eau.

Les variations de température ont donc été, à partir du moment où circulait l'air non séché ou humide :

$$\Delta H'' = + 0^{\circ},80 \text{ et } \Delta H = + 0^{\circ},04$$

10° EXP. — On a fait passer dans les deux vases, mais avec des interruptions et en commençant par P, un lent courant d'air qui traversait par bulles une couche d'eau d'environ 2 centimètres avant de s'engager dans les tubes de caoutchouc. C'était donc un air très chargé de vapeur aqueuse.

| TEMPS | H'' | H | TEMPS | H'' | H |
|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| 0 ^m | 14°90 | 14°85 | 27 ^m | 15°14 | 14°85 |
| 3 | 15,00 | 14,85 | 87 | 15,00 | 15,02 |
| 8 | 15,14 | 14,85 | 93 | 15,30 | 15,04 |
| 12 | 15,20 | 14,85 | 98 | 15,52 | 15,04 |

Il y a eu cessation du courant de 12 à 27^m, puis pendant une heure, de 27 à 87^m. — On voit nettement que l'arrivée de l'air humide a provoqué une variation $\Delta H''$ assez considérable, tandis que H n'a que peu ou pas varié durant le passage du courant.

10° bis. — Essai semblable au précédent avec du gaz d'éclairage qui a passé dans l'eau. Même résultat quant au sens et quant à la grandeur relative des variations de H et de H''.

11° EXP. — A diverses reprises, pendant quatre jours, on a fait passer dans les deux vases P et P' un courant de gaz d'éclairage, saturé d'humidité par son passage dans l'eau ; puis on a remplacé le flacon d'eau par l'appareil desséchant à ponce sulfurique.

Voici quel a été le résultat de la circulation du gaz sec :

11 SEP.

DIFFUSION DES GAZ.

BULL. 359

| TEMPS | H'' | H | TEMPS | H'' | H |
|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| 55 ^m | 17°26 | 17°32 | 88 ^m | 16°56 | 17°28 |
| 60 | 17,36 | 17,32 | 94 | 16,48 | 17,30 |
| 63 | 17,39 | 17,32 | 112 | 16,06 | |
| 67 | 17,22 | 17,30 | 113 | 16,05 | 17,35 |
| 72 | 17,00 | 17,30 | 118 | 16,30 | 17,44 |

Le passage du gaz sec a paru d'abord élever la température de H''; mais c'était sans doute dû à ce que les premières portions de gaz se chargeaient de nouveau d'humidité en séchant les parois intérieures des tubes de caoutchouc. Dès 63^m, la température a baissé et, en 50^m, la variation a été de — 1°,36. A 118^m, on a laissé rentrer le gaz sans le sécher et la température n'a pas tardé à remonter. La variation de P a été très faible pendant toute la durée du passage du gaz sec.

12^e EXP. — De l'hydrogène a servi à une expérience parfaitement semblable à la précédente. — Ce gaz non séché a fait monter les deux thermomètres; mais de quantités inégales. On a eu :

$$\Delta H'' = + 0^{\circ},85 \text{ et } \Delta H = + 0^{\circ},26$$

L'hydrogène a ensuite passé sur la ponce sulfurique. Les variations de température ont été :

$$\Delta H'' = - 0^{\circ},19 \quad \Delta H = + 0^{\circ},05$$

13^e EXP. — Essai semblable au précédent, mais plus prolongé. Voici les résultats : (Voir le tabl., page suivante.)

A 23^m a commencé la circulation de l'hydrogène non séché. Il y a eu hausse de H et de H''; mais davantage du thermomètre plongeant près des fragments poreux. — A partir de 30^m, l'hydrogène passait sur la ponce sulfurique avant d'être dirigé dans les vases. On voit que le

gaz sec a fait baisser H'' de $0^{\circ},94$, tandis que H a monté de $0^{\circ},09$. — A partir de 70^m , le gaz a circulé sans être préalablement séché. H'' a monté de $+0^{\circ},63$ et H de $0^{\circ},15$.

| TEMPS | H'' | H | TEMPS | H'' | H |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-------|
| 12 ⁿ | 16 ⁵² | 16 ⁵⁰ | 50 ⁿ | 16 ⁴² | 16,65 |
| 23 | 16,52 | 16,52 | 60 | 16,00 | 16,65 |
| 27 | 16,57 | 16,60 | 65 | 15,88 | 16,67 |
| 29 | 16,60 | 16,59 | 70 | 15,79 | 16,71 |
| 30 | 16,63 | 16,59 | 72 | 15,79 | 16,73 |
| 35 | 16,67 | 16,62 | 75 | 15,82 | |
| 40 | 16,73 | 16,63 | 79 | 16,00 | 16,80 |
| 43 | 16,64 | 16,63 | 90 | 16,42 | 16,86 |

4. Les expériences qui viennent d'être décrites montrent assez nettement quelle variation de température se produit lorsque des gaz (air, hydrogène, gaz d'éclairage) plus ou moins chargés de vapeur d'eau viennent passer au contact de la substance poreuse des vases destinés à la diffusion. On voit que les gaz desséchés provoquent un abaissement de température, tandis que la présence de la vapeur d'eau détermine un réchauffement.

Dans les expériences où l'on a fait passer successivement et alternativement un même gaz desséché ou pris à l'état ordinaire, on voit que la température du vase poreux s'abaisse quand le gaz est desséché pour se relever lorsque la dessiccation n'a plus lieu. La variation de température est surtout rapide et prononcée lorsque à un gaz desséché succède un gaz particulièrement humide ou inversement ⁽²⁾.

(2) Après avoir constaté cette influence de l'air sec ou chargé de vapeur d'eau, j'ai fait quelques essais avec de l'air qui passait

Les résultats fournis par le vase de verre vide ou par celui qui avait son intérieur verni montrent que la variation de température dont il s'agit ne peut pas être attri-

dans un flacon partiellement rempli d'alcool ou d'éther et qui traversait par bulles une couche de ces liquides.

L'air chargé de vapeur d'alcool a aussi donné lieu à un réchauffement du vase poreux. Ainsi, après dix minutes de circulation, on observa $\Delta H = + 0^{\circ},28$, puis la température se maintint constante plusieurs minutes. Le même air, continuant à passer sans se charger préalablement de vapeur alcoolique, produisit une variation de $- 0^{\circ},18$ en trois minutes. Le même courant gazeux, passant dans le vase poreux verni à l'intérieur, y produisit une variation de $+ 0^{\circ},61$, c'est-à-dire plus forte que celle du vase poreux; ce qui est contraire aux faits obtenus avec la vapeur d'eau. D'autres expériences semblables donnèrent des résultats tout pareils. Il est à remarquer que l'alcool dans lequel passaient les bulles d'air avait une température de $13^{\circ},3$ à $13^{\circ},5$, c'est-à-dire était d'environ 2° plus froid que les thermomètres H et H'.

Avec l'éther, les résultats furent toujours dans le même sens que les précédents. L'air chargé de vapeur d'éther fit monter le thermomètre du vase poreux et celui du vase verni, mais ce dernier d'une quantité plus considérable. L'air non chargé de ces vapeurs provoquait immédiatement une baisse du thermomètre. — Après un certain temps de circulation, l'air chargé de vapeur d'éther a toujours cessé de produire un accroissement de la température laquelle demeurait constante ou même baissait nettement.

Ces faits s'expliquent probablement aussi par une absorption des vapeurs d'éther et d'alcool, seulement cette absorption se faisait sur la surface vernie (vernis de gomme laque dans l'alcool) du vase P' comme sur la paroi poreuse. Quant au refroidissement qui se produit lorsque le courant chargé de vapeur continue longtemps à passer, il faut sans doute l'attribuer à ce que le liquide qui fournit la vapeur se refroidit de plus en plus; et doit par conséquent abaisser la température des bulles gazeuses qui le traversent. Avec l'éther, par exemple, les thermomètres H et H' indiquant des températures comprises entre 15 et 16° , le liquide s'était refroidi jusqu'à 8° .

Il faut remarquer, d'ailleurs, que, à travers la paroi du vase poreux P, il se produit un peu de diffusion entre l'air extérieur et le courant intérieur chargé de vapeurs d'éther ou d'alcool. Mais ce n'est pas cette diffusion qui peut être la cause des variations de température observées.

buée au gaz lui-même, lequel serait plus chaud quand il est humide et plus froid quand il est sec. — Les expériences 6 et 7 montrent que l'introduction d'une matière poreuse dans le vase qui servait de témoin lui donne immédiatement les caractères du vase poreux P lui-même quant au réchauffement ou au refroidissement provoqué par le gaz humide ou sec.

Il est à remarquer que les gaz que l'on dessèche en les faisant passer sur la ponce sulfurique tendent plutôt à se réchauffer à cause de la réaction entre l'acide sulfurique et l'eau; ce sont pourtant ces gaz-là qui font baisser le thermomètre du vase poreux. Inversement, les gaz qui passent par bulles dans l'eau y provoquent une évaporation qui refroidit; ce sont ces gaz qui réchauffent.

5. Les expériences 1 à 13 et les remarques qui précèdent permettent de supposer que la substance poreuse absorbe la vapeur d'eau, la retient par une sorte de condensation et que ce phénomène est accompagné d'un dégagement de chaleur. Lorsque, au contraire, un gaz desséché passe sur la substance poreuse plus ou moins chargée de vapeur d'eau, cette eau reprend l'état de vapeur et est entraînée dans le courant. Il y a alors absorption de chaleur et par conséquent refroidissement.

Dans quelques expériences, le vase nu recevait le courant gazeux après sa circulation dans le vase poreux ou pourvu de fragments poreux. Sa température variait cependant très peu. On peut donc croire que le réchauffement et le refroidissement se produisent à la surface même de la matière poreuse, sans que le gaz qui circule ait le temps de varier beaucoup de température, et que la variation accusée par le thermomètre est occasionnée

non seulement par le contact du gaz qui circule autour de lui, mais aussi par le rayonnement de la substance poreuse.

Lorsque le gaz sec circule longtemps, il doit finir par enlever toute la vapeur d'eau que la matière poreuse avait absorbée; l'abaissement de température, qui a pu se prolonger plus ou moins longtemps, doit donc prendre fin. Un fait semblable, mais en sens inverse, doit se produire pour le réchauffement dû au passage du gaz humide. Plusieurs des résultats obtenus dans les expériences précédentes s'expliquent sans doute par cette considération-là.

Dans quelques cas, la circulation du gaz sec ou humide n'a pas produit immédiatement le changement correspondant de température ou il l'a produit plus lentement dans les premières minutes. Cela s'explique très probablement par le fait que les gaz devaient passer à travers les tubes de caoutchouc, et quelque fois dans le vase nu, avant d'arriver au vase poreux. Les parois intérieures de ces tubes étaient desséchées en premier lieu par l'arrivée du gaz sec lequel se chargeait ainsi à nouveau de vapeur. C'est seulement au bout d'un temps plus ou moins long, variable suivant l'état du tube et la rapidité du courant, que le gaz cessait d'être modifié par son passage à travers les tubes (⁴).

(⁴) Des fragments de matière poreuse, du poids de 47 grammes, ont été placés dans une éprouvette de verre, laquelle était fermée par un bouchon traversé de deux tubes. L'un des tubes s'engageait jusqu'au fond de l'éprouvette; l'autre débouchait à sa partie supérieure. A travers ces tubes et par conséquent à travers les fragments poreux, on a fait passer des courants d'air humidifié ou desséché, puis on a pesé l'éprouvette avant et après le passage des courants gazeux.

Premier essai. Un courant d'air saturé a passé durant vingt

G. On peut résumer comme suit les expériences et les considérations qui précèdent :

I. Lorsque des courants d'air, d'hydrogène ou de gaz d'éclairage desséchés viennent circuler le long des parois du vase poreux ou d'un vase qui renferme des fragments de la matière poreuse, il se produit un abaissement de température. Cet abaissement se ralentit peu à peu et finit même par cesser tout à fait.

II. Lorsque des courants des mêmes gaz chargés d'humidité viennent circuler dans les mêmes conditions, il se produit un réchauffement, lequel se ralentit aussi et finit par cesser.

III. Le réchauffement et le refroidissement sont plus ou moins considérables suivant l'état antérieur du vase poreux. Les plus grandes variations se sont produites lorsqu'un courant sec succède à un courant saturé ou inversement.

minutes. La matière poreuse avait été préalablement exposée depuis plusieurs jours à l'air libre. Variation : $+ 0^{\circ},008$.

Un courant d'air desséché a passé durant vingt minutes. Variation : $- 0^{\circ},023$.

Nouveau courant d'air saturé durant douze minutes. Variation : $+ 0^{\circ},007$.

Deuxième essai. Courant d'air saturé durant quarante minutes. Variation : $+ 0^{\circ},021$.

Courant d'air sec durant quarante minutes. Variation : $- 0^{\circ},049$.

Ces résultats confirment évidemment la supposition que de la vapeur d'eau est retenue ou abandonnée par la substance poreuse, suivant que cette substance est exposée à un courant gazeux chargé de vapeur ou à un courant gazeux desséché.

IV. Ces variations de température sont probablement dues à l'absorption de la vapeur d'eau par la substance poreuse ou au dégagement de cette vapeur.

Variations de température lors de la diffusion sans changement de pression.

7. A l'aide de l'appareil décrit au § I, on produisait facilement la diffusion en amenant les deux gaz au contact des faces intérieure et extérieure du vase poreux P. — En faisant circuler l'hydrogène, par exemple, dans le vase poreux et dans le témoin par les tubes *a* et *b*, puis *a'* et *b'*, il se produit un double courant de diffusion. De l'hydrogène sort du vase poreux, se répandant dans l'espace entre P et V, et de l'air entre, de ce même espace, dans le vase poreux. En vertu de la loi de Graham, le courant d'hydrogène est le plus abondant. Dans la suite, je nommerai, pour abrégé, exosmose ce cas où le gaz moins dense est à l'intérieur du vase poreux et où, par conséquent, le courant qui *sort* est le plus considérable. — Si l'on fait arriver de l'hydrogène par le tube *c* dans l'espace compris entre P et V, tandis que le vase poreux est rempli d'air, le courant le plus abondant se fera de l'extérieur à l'intérieur, ce sera la diffusion *entrante* ou l'endosmose. Dans ce cas, la diffusion se ralentira et cessera si le vase poreux n'est pas parcouru par un courant d'air qui entraîne le gaz moins dense et qui entretienne, à l'intérieur, une atmosphère où l'air soit toujours prédominant.

Lorsqu'on a fait arriver le gaz moins dense à l'extérieur de P et que le vase poreux n'est pas parcouru par un courant d'air, il se produit tout d'abord une endosmose ;

le mélange gazeux qui se forme à l'intérieur s'enrichit de plus en plus d'hydrogène et s'appauvrit d'air. Si alors on cesse de diriger le courant d'hydrogène à l'extérieur et qu'on le remplace par un courant d'air, il se produit bientôt une diffusion inverse et l'hydrogène ressort du vase P.

Pour les expériences qui vont être décrites, des dispositions convenables avaient été prises afin de pouvoir faire passer, dans le vase poreux et dans le témoin en même temps que dans l'espace extérieur entre P et V, des courants gazeux tantôt desséchés tantôt saturés de vapeur. Un appareil à aspiration par écoulement d'eau pouvait être mis en communication avec les vases P et P', et provoquer dans leur intérieur une circulation gazeuse. Deux tubes à ponce sulfurique et deux autres tubes courbés en U, remplis de papier brouillard maintenu imbibé d'eau, servaient à dessécher les gaz ou à les humidifier. — Outre la circulation gazeuse provoquée par l'aspirateur, une autre circulation pouvait être obtenue par la manœuvre d'une petite soufflerie ou enfin par la pression sur le sac de caoutchouc. Il est à peine nécessaire d'ajouter que les tubes aboutissant aux divers organes qui viennent d'être mentionnés étaient disposés d'une manière telle que l'on pouvait rapidement changer la circulation gazeuse dans les vases P et P' et dans l'espace autour de P. Les robinets convenables étaient à portée de ma main et il était ainsi facile de varier les conditions de l'expérience tout en suivant le thermomètre avec la lunette, sans perte de temps et sans rien changer à la disposition des appareils.

8. Voici, avec plus ou moins de détails, quelques-unes

des expériences faites dans des conditions variées, avec des gaz secs ou humides.

14^e EXP. — Un courant d'air desséché a circulé lentement dans le témoin puis dans le vase poreux. Un autre courant, desséché également, a été dirigé dans l'espace entre P et V. Après 32 minutes, le thermomètre H (th. du vase poreux) avait baissé de 0°,42 ; H'' (du témoin) avait varié de + 0°,17. L'air sec a produit là l'effet connu et précédemment étudié. Pendant 28 minutes et malgré l'emploi d'un nouveau tube desséchant à acide frais, la température H n'a plus varié sensiblement et est demeurée constante entre 18°,03 et 18°,05. — On fit alors passer dans P' puis dans P du gaz d'éclairage qui avait circulé lentement dans un tube desséchant. En 7 minutes, la température H s'éleva de + 0°,15. Le thermomètre commença à monter seulement 3 minutes après que le gaz eut commencé à circuler. Ce retard est sans doute dû à la lenteur du courant et au fait que le gaz passait préalablement dans le témoin. Pendant ces 7 minutes, le témoin varia de — 0°,02. Le gaz fut interrompu et remplacé par un courant d'air desséché. La température H cessa de s'élever et baissa de 0°,04 en 3 minutes (5).

(5) Dans tous les tableaux où se trouvent indiqués, pour un certain moment, les températures des thermomètres H et H' ou H et H'', il est bien entendu que l'un d'eux seulement (toujours celui qui plongeait dans le vase poreux) était observé au moment précis qui est mentionné. L'observation du second exigeait le temps nécessaire pour tourner la lunette et pour faire la lecture, cinq à six secondes. — Les appareils avaient été disposés d'une façon telle que la lunette était à égale distance des thermomètres à observer et que les extrémités des colonnes mercurielles se trouvaient sensiblement sur une même horizontale. Pour passer de l'un à l'autre, il suffisait donc de tourner la lunette autour d'un axe vertical.

Dans cette première expérience donc, l'exosmose du gaz d'éclairage paraît donner lieu à une élévation de température dans le vase poreux.

15^e EXP. — Diffusion entre l'hydrogène sec et l'air sec. Le témoin recevait le courant gazeux avant le vase poreux.

On trouvera le détail des observations dans le tableau ci-joint. Voici quelles ont été les diverses phases de l'expérience : (Voir le tableau à la page suivante.)

A 35^m, écoulement d'air dans P et P', et, en même temps, dans l'espace autour de P. A 60^m, on a ajouté de l'acide sulfurique frais sur la ponce. A 82^m, on a introduit un appareil desséchant nouveau. La température H a d'abord baissé conformément à ce qui est connu, mais la continuation du courant sec n'a pas provoqué une continuation de la baisse. H'' n'a que très-peu varié — A 88^m, on a fait arriver de l'hydrogène dans P et P'', le courant d'air continuant à l'extérieur de P. On voit une variation $\Delta H = + 0^{\circ},32$ en 7 minutes. — A 96^m, l'hydrogène a été interrompu et remplacé par l'air ; H a cessé de monter et, durant 23 minutes, la température s'est peu à peu abaissée, puis est demeurée plusieurs minutes stationnaire à 20^o,70. — A 119^m, l'hydrogène a été dirigé dans l'espace entre P et V ; pendant ce temps, l'air continuait à circuler à l'intérieur de P et de P'. En 8 minutes, il y eut une variation $\Delta H = - 0^{\circ},30$, coïncidant avec une endosmose. — A 127^m, l'hydrogène ayant été interrompu, la température cessa de baisser et remonta peu à peu. — A 142^m, même circulation qu'à 88^m, afin de produire une exosmose. La variation $\Delta H = + 0^{\circ},32$ en 5 minutes. — A 149^m, le courant d'hydrogène fut interrompu et ce fut de nouveau de l'air qui circula à

21 SÉP.**DIFFUSION DES GAZ.****BULL. 369**

l'intérieur et à l'extérieur du vase poreux. — A 160^m,
nouveau courant d'hydrogène par le tube *c* pour produire
une endosmose pendant que l'air circulait dans P et P'.
La température du vase poreux baissa de 0°,48 en 6 minutes.

Exp. 18.

| TEMPS | H | H'' | TEMPS | H | H'' |
|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
| 25 ^m | 21,00 | 21,17 | 124 ^m | 20,56 | — |
| 35 | 21,02 | 21,17 | 125 | 20,48 | — |
| 38 | 21,02 | 21,17 | 126 | 20,45 | 21,30 |
| 40 | 20,80 | 21,17 | 127 | 20,40 | — |
| 48 | 20,61 | 21,18 | 128 | 20,40 | — |
| 55 | 20,53 | 21,16 | 130 | 20,56 | 21,31 |
| 60 | 20,49 | — | 132 | 20,62 | 21,32 |
| 65 | 20,51 | 21,15 | 140 | 20,75 | — |
| 75 | 20,52 | 21,16 | 141 | 20,77 | 21,34 |
| 82 | 20,55 | 21,15 | 142 | 20,78 | — |
| 86 | 20,60 | 21,20 | 143 | 20,80 | 21,33 |
| 88 | 20,60 | 21,20 | 144 | 20,86 | — |
| 89 | 20,60 | 21,25 | 145 | 20,97 | 21,43 |
| 90 | 20,65 | 21,25 | 146 | 21,00 | — |
| 91 | 20,68 | — | 147 | 21,10 | 21,40 |
| 92 | 20,77 | — | 149 | 21,12 | 21,40 |
| 94 | 20,84 | 21,24 | 150 | 21,14 | — |
| 96 | 20,92 | 21,23 | 151 | 21,06 | 21,41 |
| 98 | 20,88 | 21,25 | 153 | 21,00 | — |
| 104 | 20,76 | 21,25 | 159 | 20,93 | 21,42 |
| 108 | 20,72 | — | 160 | 20,94 | — |
| 112 | 20,72 | 21,27 | 161 | 20,88 | 21,42 |
| 114 | 20,70 | — | 162 | 20,77 | — |
| 119 | 20,70 | 21,28 | 163 | 20,68 | — |
| 121 | 20,70 | — | 165 | 20,56 | 21,42 |
| 122 | 20,66 | — | 166 | 20,46 | — |
| 123 | 20,60 | 21,28 | | | |

Pendant toute la durée de cette expérience, la température du témoin varia peu et lentement. Il y eut un réchauffement progressif de $+ 0^{\circ},25$. La marche du thermomètre H'', lequel plongeait dans le gaz qui allait circuler dans P, ne permet pas d'admettre que les variations offertes par le thermomètre H du vase poreux soient dues à la température même du gaz.

En voyant les détails qui précèdent, on reconnaît que les variations de température sont en rapport avec le sens de la diffusion et que la température s'élève lorsqu'il y a exosmose, qu'elle s'abaisse au contraire lors de l'endosmose. — Les expériences qui vont suivre viendront confirmer ces premiers faits.

16^e EXP. — Le tableau ci-après renferme le détail des faits observés. — A 3^m commença une circulation d'air sec, d'une part dans le témoin et le vase poreux, d'une autre part, par le tube c, dans l'espace extérieur à P. On voit que H baissa d'abord, puis se maintint plusieurs minutes stationnaire et remonta ensuite lentement. — A 35^m, un très lent courant d'hydrogène desséché fut introduit dans l'espace autour de P, tandis que l'air continuait dans le vase poreux. Il devait donc se produire une endosmose. Le thermomètre H cessa sa marche ascendante et baissa de $0^{\circ},10$ en 6 minutes. — A 41^m, le courant d'hydrogène fut interrompu et remplacé par un courant d'air. La baisse cessa immédiatement et la température reprit sa marche lentement ascendante pour devenir à peu près stationnaire de 65 à 75^m. — A 77^m, le courant d'hydrogène fut dirigé dans le vase poreux, l'air circulant à l'extérieur. Il devait donc y avoir une exosmose. En 10 minutes, il s'éleva de $+ 0^{\circ},37$. — A 87^m, l'hydrogène fut

arrêté et remplacé par l'air ; la température cessa immédiatement de monter et baissa de $- 0^{\circ},20$ en 8 minutes.

A 95^m les observations furent interrompues ; tous les robinets furent fermés. L'expérience fut reprise après une heure et demie environ. — A 18^m, lent écoulement d'air, comme au début (à 3^m). Les appareils desséchants étaient pourvus d'acide frais. A 34^m, lent courant d'hydrogène à l'intérieur du vase poreux, provoquant une hausse de $+ 0^{\circ},20$ en 6 minutes. A 40^m, l'hydrogène fut interrompu et remplacé par l'air ; la température baissa immédiatement. — A 52^m, l'hydrogène fut dirigé à l'extérieur du vase poreux et le courant d'air qui circulait à l'intérieur fut interrompu. Il devait donc y avoir une endosmose, bientôt ralentie et arrêtée parce que l'intérieur du vase P s'enrichissait d'hydrogène et s'appauvissait d'air. Le thermomètre H baissa de $0^{\circ},08$, mais la baisse ne continua pas ; à 55 et 56^m, on observa une température stationnaire. A 56^m, on laissa le courant d'air se rétablir, entraînant par conséquent l'hydrogène qui venait de s'accumuler dans le vase poreux et créant, sur sa paroi interne, des conditions favorables à une reprise de l'endosmose. Le thermomètre recommença immédiatement à baisser et varia de $- 0^{\circ},12$ en 3 minutes. — A 59^m, l'hydrogène fut arrêté et remplacé par l'air ; le thermomètre cessa de baisser et remonta immédiatement. — A 65^m, on laissa passer un courant assez rapide d'hydrogène à l'extérieur de P, mais vu sa rapidité, la dessiccation n'était probablement pas complète. La température subit une baisse de $- 0^{\circ},25$ en 2 minutes, coïncidant avec une endosmose qui devait être active.

Si l'on examine la marche du thermomètre H'' du témoin, durant cette série, on verra que ses variations sont

faibles et n'offrent aucun rapport avec celles de H qui paraissent, en revanche, nettement dépendre du sens de la diffusion. Toutes ces variations confirment un réchauffement quand il y a exosmose et un refroidissement lors de l'endosmose.

Exp. 16.

| TEMPS | H | H'' | TEMPS | H | H'' |
|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| 0 ^m | 22,91 | 22,86 | 88 ^m | 22,98 | 23,23 |
| 3 | 22,91 | 22,87 | 90 | 22,90 | — |
| 5 | 22,82 | 22,87 | 95 | 22,80 | 23,25 |
| 7 | 22,64 | — | | | |
| 13 | 22,28 | 22,89 | 18 | 23,14 | 23,39 |
| 17 | 22,25 | — | 21 | 23,08 | — |
| 19 | 22,25 | — | 28 | 23,00 | 23,41 |
| 21 | 22,28 | 22,91 | 34 | 23,00 | 23,45 |
| 25 | 22,36 | — | 35 | 23,01 | — |
| 30 | 22,40 | 22,97 | 36 | 23,06 | 23,48 |
| 35 | 22,44 | — | 39 | 23,24 | — |
| 37 | 22,40 | — | 40 | 23,26 | 23,49 |
| 40 | 22,36 | — | 42 | 23,25 | 23,49 |
| 41 | 22,34 | — | 47 | 23,14 | — |
| 42 | 22,36 | 23,06 | 50 | 23,10 | 23,51 |
| 55 | 22,52 | 23,07 | 52 | 23,08 | — |
| 60 | 22,56 | 23,09 | 53 | 23,04 | 23,51 |
| 65 | 22,60 | — | 55 | 23,00 | — |
| 74 | 22,62 | 23,15 | 56 | 23,00 | — |
| 77 | 22,62 | 23,19 | 57 | 22,96 | 23,53 |
| 78 | 22,63 | — | 59 | 22,88 | 23,54 |
| 79 | 22,70 | — | 60 | 22,92 | — |
| 80 | 22,76 | 23,21 | 65 | 23,01 | — |
| 83 | 22,90 | — | 66 | 22,94 | — |
| 85 | 22,97 | — | 67 | 22,76 | 23,64 |
| 87 | 23,00 | 23,20 | | | |

9. Dans les expériences précédentes, j'ai cherché à observer le phénomène de la diffusion en opérant sur une substance poreuse et sur des gaz privés de vapeur d'eau. Dans les expériences qui vont suivre, j'ai au contraire tâché d'opérer avec des substances toutes saturées de vapeur aqueuse et par conséquent dans des conditions telles qu'elles ne pouvaient pas en absorber des quantités nouvelles.

17^e EXP. — Au lieu de produire la diffusion en faisant arriver de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage dans un appareil rempli d'air, j'ai voulu commencer par une situation inverse, c'est-à-dire remplir et imprégner en quelque sorte tout le vase poreux de gaz d'éclairage et seulement après faire arriver l'air.

Les détails des observations se trouvent dans le tableau ci-après. — On fit circuler, dans le vase poreux et le témoin d'une part, et, d'une autre part, dans l'espace entourant le vase poreux, des courants de gaz d'éclairage chargé de vapeur d'eau. Ce gaz passait lentement à travers des tubes en U renfermant un peu d'eau dans le coude inférieur et remplis de papier brouillard maintenu humide. La température de P s'éleva de 0°,29 en 20 minutes, puis demeura sensiblement stationnaire. — A 10^m, courant d'air humide à l'extérieur du vase poreux, le gaz d'éclairage continuant à l'intérieur ; il devait donc y avoir une exosmose. En 4 minutes, le thermomètre monta de 0°,26. — A 14^m, le gaz d'éclairage remplaça l'air ; la diffusion devait donc cesser. Le thermomètre cessa de monter et varia lentement de — 0°,08 en 16 minutes. — A 30^m, courant d'air humide dans le vase poreux, tandis que le gaz continuait à l'extérieur. Il devait ainsi y avoir

une endosmose. En 5 minutes, la température varia de — 0°,18. — De 35 à 60^m, courant d'air humide dans toutes les parties de l'appareil. — A 60^m, on fit arriver un courant de gaz à l'intérieur de P, de manière à produire une exosmose. En 5 minutes, le thermomètre monta de + 0°15. — A 65^m, le courant de gaz fut remplacé par l'air et la température cessa de monter. Il y eut même un refroidissement assez prononcé, puisque, en 7 minutes, le thermomètre baissa de 0°,24 pour remonter lentement ensuite. Cette baisse peut être due, en partie au moins, à ce que le gaz qui avait diffusé et passé à l'extérieur du vase poreux y est partiellement rentré lorsqu'on a fait arriver dans ce vase de l'air. Il se peut aussi que l'air injecté ne fut pas entièrement saturé de vapeur d'eau et que son contact avec la substance poreuse humide ait donné lieu à un peu d'évaporation.

A 85^m, on dirigea un courant de gaz un peu rapide dans l'intérieur du vase poreux et du témoin, l'air continuant à circuler à l'extérieur de P. Il devait y avoir une exosmose et, en 7 minutes, la température s'éleva de + 0°,18. Il est à remarquer que si la rapidité du courant eût empêché le gaz de se saturer de vapeur d'eau, son contact avec la matière poreuse aurait dû donner lieu plutôt à un abaissement de température. — A 92^m, courant d'air humide à l'intérieur et à l'extérieur de P déterminant une cessation de la hausse thermométrique. — A 114^m, nouveau courant de gaz à l'intérieur de P ; hausse de 0°,22 en 5 minutes, coïncidant avec l'exosmose.

Pendant toute cette série, la température du témoin a peu varié et les changements si nets de température qui se produisent lors de l'endosmose ou de l'exosmose ne peuvent pas être produits par la température propre du

courant gazeux qui était dirigé dans l'appareil. Il est à remarquer que le vase poreux et le témoin avaient, au début, la même température; mais dans le cours de l'expérience, le premier s'est peu à peu réchauffé. Cela provient, je suppose, de la circulation de gaz saturés de vapeur. Cette vapeur, en partie absorbée par les parois du vase poreux, y devenait une cause générale de réchauffement.

Exp. 17.

| TEMPS | H | H'' | TEMPS | H | H'' |
|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| 45 ^m | 21,71 | 21,70 | 61 ^m | 22,28 | — |
| 50 | 21,78 | — | 62 | 22,34 | 21,79 |
| 6 | 21,96 | 21,71 | 63 | 22,40 | — |
| 7 | 22,00 | — | 65 | 22,48 | — |
| 10 | 22,00 | 21,73 | 72 | 22,24 | 21,80 |
| 11 | 22,06 | — | 82 | 22,28 | — |
| 12 | 22,16 | — | 85 | 22,32 | — |
| 14 | 22,26 | 21,75 | 86 | 22,32 | 21,80 |
| 17 | 22,22 | 21,75 | 87 | 22,36 | — |
| 25 | 22,19 | — | 89 | 22,43 | 21,80 |
| 30 | 22,18 | 21,78 | 92 | 22,50 | — |
| 32 | 22,14 | — | 93 | 22,47 | 21,80 |
| 33 | 22,05 | 21,79 | 105 | 22,33 | — |
| 34 | 22,00 | — | 109 | 22,31 | — |
| 35 | 22,00 | — | 114 | 22,27 | 21,82 |
| 36 | 22,03 | 21,78 | 115 | 22,26 | — |
| 38 | 22,18 | — | 116 | 22,34 | — |
| 40 | 22,24 | 21,78 | 118 | 22,42 | — |
| 52 | 22,33 | — | 119 | 22,45 | 21,82 |
| 60 | 22,33 | — | | | |

18^e EXP. — Essai semblable au précédent avec du gaz d'éclairage et de l'air chargés de vapeur d'eau. — Après

28 minutes de circulation d'air, la température du vase poreux cessa de s'élever et se maintint pendant dix minutes de $22^{\circ},83$ à $22^{\circ},84$. L'air fut remplacé par un courant de gaz d'éclairage ; la température s'éleva aussitôt, en 5 minutes, de $0^{\circ},23$. L'arrêt du gaz, remplacé par l'air, fit cesser la hausse. — On maintint ensuite, pendant plus d'une heure, des courants d'air à l'intérieur et à l'extérieur de P. Le thermomètre H indiquait $22^{\circ},77$ et était sensiblement invariable ; H'' indiquait $22^{\circ},67$. Le courant de gaz d'éclairage fut alors dirigé à l'extérieur de P ; il devait donc se produire une endosmose. Le thermomètre H commença immédiatement à baisser et varia de — $0^{\circ},27$ en 7 minutes. Pendant ce temps, H'' varia de + $0^{\circ},02$.

19^e EXP. — Essai semblable à 17. — Une circulation d'air humide dans tout l'appareil fit monter le vase poreux de $0^{\circ},11$ en une heure. Ce réchauffement est faible ; mais, dans les jours précédents déjà, des gaz humides avaient été employés et la matière poreuse était probablement moins apte à absorber des quantités nouvelles de vapeur d'eau. — De l'hydrogène saturé d'humidité fut dirigé à l'extérieur du vase poreux, l'air continuant à circuler à l'intérieur ; il devait donc se produire une endosmose. En trois minutes, le thermomètre baissa de $0^{\circ},20$ et, pendant ce temps, le témoin subit une variation inférieure à + $0^{\circ},02$. — Le courant d'hydrogène étant arrêté et remplacé par un courant d'air, la baisse cessa immédiatement et l'appareil se réchauffa peu à peu, montant de $0^{\circ},29$ en 9 minutes dans le vase poreux, et de $0^{\circ},06$ dans le témoin.

19^e EXP. (*bis.*) — Voici un essai où l'un des gaz seulement était desséché.

De l'air circula longuement à travers le vase poreux et

le témoin. Les thermomètres H et H'' étaient sensiblement invariables, depuis plusieurs minutes, à 15°,60 et 15°,58 lorsqu'on dirigea un courant de gaz d'éclairage dans l'espace extérieur à P. Il devait donc y avoir une endosmose. En une minute, la température H baissa de 0°,10 ; au bout de 3 minutes, la baisse était de 0°,19. — Un courant d'air ayant remplacé le courant de gaz, la baisse cessa immédiatement et, après 3 nouvelles minutes, la température était revenue à 15°,59. — On fit alors arriver à l'intérieur du vase poreux un courant de gaz d'éclairage desséché ; il devait donc y avoir exosmose. Au bout d'une minute, la variation fut $\Delta H = + 0°,10$; au bout de trois minutes, $+ 0°,24$, et la température devint à peu près constante à 15°,76. On lança alors un courant d'air à l'extérieur, ce qui devait activer l'exosmose ralentie ; après 2 minutes, H avait atteint 15°,85.

Dans cette expérience, le gaz d'éclairage desséché aurait dû, à cause de l'effet connu dû à l'absence de vapeur d'eau (voir § 6), refroidir le vase poreux. Mais il y avait en même temps exosmose et le résultat fut un réchauffement.

10. Dans les expériences qui précèdent, les gaz prenant part à la diffusion étaient, ainsi que la paroi poreuse, privés de vapeur d'eau ou au contraire humidifiés. Malgré les mesures prises, soit pour la dessiccation, soit pour favoriser l'absorption de la vapeur, je ne puis pas être tout à fait sûr que, dans les premiers essais, la dessiccation fût absolue ou que, dans les seconds, la saturation fût complète. Il me paraît cependant certain que l'influence de la vapeur d'eau absorbée ou abandonnée par la paroi poreuse ne peut pas rendre compte des variations de température

observées pendant que se produisait la diffusion gazeuse. En suivant en détail les diverses phases des expériences citées, on voit que l'intérieur du vase poreux présente un réchauffement quand il y a une exosmose et au contraire un refroidissement lors de l'endosmose.

Dans ces expériences, les courants gazeux avaient généralement été assez lents afin que les gaz pussent mieux se dessécher ou se charger de vapeur; aussi la diffusion devait-elle être peu rapide. En employant des gaz préparés en provision suffisante et en les faisant agir directement, sans qu'ils passent dans un appareil desséchant, on peut avoir une diffusion plus rapide et plus abondante. Seulement alors, les phénomènes dus à la présence de la vapeur d'eau doivent intervenir. — Malgré cela, il est possible de constater d'une façon certaine, même avec des gaz non saturés ou non desséchés, la variation de température due au seul phénomène de la diffusion.

20^e EXP. — Deux courants de gaz d'éclairage furent dirigés, l'un dans le vase poreux, l'autre par le tube *c*, dans l'espace extérieur à ce vase. Cette circulation fut prolongée plusieurs minutes. Le thermomètre H arriva à être sensiblement constant à 10°,16. — Le courant de gaz du tube *c* fut remplacé par un courant d'air; il devait donc se produire une exosmose. En 30 secondes, la température monta de 0°,11. — L'air fut arrêté et le gaz remis en circulation autour du vase poreux, pendant plusieurs minutes, jusqu'à ce que le thermomètre H fût à peu près invariable. Le courant de gaz qui n'avait pas cessé de passer dans l'intérieur de P fut alors remplacé par un courant d'air. Il devait donc se produire une endosmose. En moins d'une minute, la température H baissa de 0°,16.

21^e EXP. — On trouvera dans le tableau ci-dessous les détails numériques de cette expérience qui s'est composée de diverses phases montrant bien l'influence d'une diffusion plus ou moins active sur la variation de la température.

Exp. 21.

| TEMPS | H | TEMPS | H |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 15 ^m | 10 ^o 64 | 41 ^m | 11 ^o 09 |
| 20 | 16,64 | 42 | 11,08 |
| <u>24</u> | 10,80 | <u>45</u> | 11,08 |
| 26 | 10,86 | <u>46</u> | 11,20 |
| 32 | 10,98 | <u>47</u> | 11,22 |
| 33 | 11,00 | 48 | 11,21 |
| 34 | 11,00 | 49 | 11,14 |
| <u>35</u> | 11,00 | <u>50</u> | 11,12 |
| <u>36</u> | 11,07 | <u>52</u> | 11,18 |
| <u>37</u> | 11,07 | 53 | 11,20 |
| 39 | 11,05 | | |

A 20^m, on fit passer un courant de gaz d'éclairage dans le vase poreux. L'exosmose a dû bientôt se ralentir parce que le gaz sortant devait demeurer, en partie au moins, près de la paroi extérieure de P où la proportion d'air tendait à diminuer. On voit que la température monta, puis demeura stationnaire à 11^o. — A 35^m (le gaz d'éclairage circulant toujours dans le vase poreux) on lança un courant d'air par le tube c, de manière à renouveler, autour du vase poreux, l'atmosphère d'air; l'exosmose devait donc redevenir plus active. Le thermomètre monta immédiatement de 0^o,07. — A 36^m, ce courant d'air fut interrompu; la température cessa de monter puis varia un peu et lentement de 36 à 45^m. Le courant de gaz d'éclairage était entretenu dans le vase poreux. — A

45^m, nouveau courant d'air à l'extérieur; l'exosmose devait se reproduire et la température monta de 0°,12 en une minute. — A 45^m, cessation du courant d'air jusqu'à 50^m; la température baissa lentement. — A 50^m nouveau courant d'air extérieur suivi d'un accroissement de la température.

22^e EXP. — Dans cette expérience, un courant d'air circulait dans le vase poreux tandis que le gaz d'éclairage, amené par le tube c, passait à l'extérieur. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Exp. 22.

| TEMPS | H | H | TEMPS | H | H |
|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| 15 ^m | 10°84 | 10°88 | 31 ^m | 10°68 | 10°99 |
| 20 | 10,85 | 10,89 | 33 | 10,71 | — |
| 23 | 10,86 | — | 34 | 10,80 | 11,00 |
| 26 | 10,87 | 10,87 | 35 | 10,80 | — |
| 27 | 10,87 | 10,91 | 36 | 10,76 | 11,03 |
| 28 | 10,83 | — | 37 | 10,80 | — |
| 29 | 10,80 | — | 38 | 10,88 | 11,04 |
| 30 | 10,75 | 10,94 | | | |

A 20^m commença la circulation du courant d'air; à 26^m, celle du courant de gaz. Il devait y avoir une endosmose. La température H baissa de 0°,19; en même temps H' (th. extérieur du vase poreux) monta graduellement, ce qui exclut la supposition que le gaz avait une température propre, inférieure à celle de l'appareil. — A 31^m, le courant d'air fut supprimé, l'endosmose devait donc s'arrêter puis cesser. La température cessa de baisser et H se releva à 10°,80. — A 34^m, nouveau passage du courant d'air qui devait provoquer une reprise de l'endosmose. La température H baissa de 0°,04, quoiqu'elle fût

déjà très probablement inférieure à la température générale de l'appareil. Ce courant fut interrompu à 36^m et le thermomètre reprit immédiatement sa marche ascendante.

Dans cette expérience donc, où les conditions ont été inverses de la précédente, l'endosmose correspond toujours à un refroidissement dans le vase poreux et ce refroidissement cesse lorsque l'endosmose cesse elle-même.

23^e EXP. — Expérience analogue aux deux précédentes, mais faites avec de l'hydrogène.

Les deux thermomètres H et H' indiquaient, au début, 11°,54 et 11°,53. — Premier courant d'hydrogène dans le vase poreux; la température monta de 0°,21 en 4 minutes; mais l'ascension, plus rapide au commencement, se ralentit vers la fin. On fit alors arriver un courant d'air, par le tube c, afin d'entraîner l'hydrogène qui avait diffusé dans l'espace entre P et V. L'accroissement de température de H redevint plus considérable et fut de 0°,08 en une minute. Le courant d'air étant interrompu, la température demeura sensiblement stationnaire à 11°,89. — Après 2 minutes, nouveau courant d'air à l'extérieur provoquant immédiatement, en même temps qu'une exosmose plus active, un réchauffement de 0°,06 en une minute. Ce réchauffement prit fin dès que le courant d'air cessa.

Après un assez long temps d'interruption, on fit arriver le courant d'hydrogène à l'extérieur du vase poreux. Il devait donc y avoir une endosmose. En trois minutes, la température baissa de 0°,18.

24^e EXP. — Un courant d'hydrogène fut dirigé à travers le vase poreux. On observa, après 4 minutes, $\Delta H = + 0°,20$ et $\Delta H' = + 0°,02$. Ce courant fut arrêté et l'appareil abandonné au repos durant 22 minutes. La température

H baissa peu à peu et les deux thermomètres H et H' arrivèrent à $10^{\circ},73$, ne variant plus d'une manière sensible. — Le courant d'hydrogène fut alors amené dans l'espace extérieur au vase poreux. En une minute, on observa $\Delta H = -0^{\circ},12$ et $\Delta H' = +0^{\circ},04$. L'hydrogène étant arrêté, il devait se produire une diffusion inverse, parce que les parties de ce gaz contenues dans l'espace compris entre P et V s'éliminaient peu à peu à cause de leur légèreté et étaient remplacées par de l'air. Le thermomètre H remonta immédiatement et atteignit $10^{\circ},76$ en 2 minutes, puis, lentement, $10^{\circ},80$. — On lança alors un courant d'air par le tube c pour activer cette exosmose. En moins d'une minute, H arriva à $10^{\circ},90$, puis baissa de nouveau bientôt après.

25^e EXP. — Deux courants de gaz d'éclairage furent dirigés dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. Après 10 minutes, les thermomètres demeurèrent à peu près invariables, H indiquant $15^{\circ},36$, H' $15^{\circ},27$ et H'' $15^{\circ},25$. On interrompit alors celui des courants qui passait dans le vase poreux et on le remplaça par un courant d'air. Il devait donc se produire une endosmose. Après une minute, on observa $\Delta H = -0^{\circ},12$; après 3 minutes, $\Delta H = -0^{\circ},32$, $\Delta H' = +0^{\circ},03$ et $\Delta H'' = 0$. — Le gaz extérieur fut arrêté et remplacé par un courant d'air semblable à celui qui passait à l'intérieur de P. Les thermomètres H' et H'' ne varièrent pas d'une manière sensible, tandis que H se réchauffa, en deux minutes, de $0^{\circ},12$. — Après une lente circulation d'air dans tout l'appareil, durant 26 minutes, on observa : H = $15^{\circ},40$; H' = $15^{\circ},40$, H'' = $15^{\circ},32$, ces chiffres ne variant pas durant quelques minutes. — On fit alors arriver un courant abondant de gaz d'éclairage à l'extérieur du vase poreux. Après deux

minutes, on eut : $\Delta H = -0^{\circ},18$; $\Delta H' = +0^{\circ},05$ et $\Delta H'' = 0$. L'endosmose avait donc produit un rapide refroidissement.

11. Les expériences précédentes ont été faites suivant le procédé qui a été employé avec les gaz desséchés ou saturés. Dans les essais qui suivent, j'ai cherché à voir le fait même de la diffusion et à constater l'arrivée des gaz dans le vase poreux ou leur sortie, en même temps que les indications du thermomètre.

Des deux tubes *a* et *b* qui aboutissent au vase poreux, l'un, *a*, a été fermé ; l'autre a été mis en communication avec l'une des branches d'un tube en U, de large diamètre, pourvu d'une petite quantité d'eau dans sa portion courbe inférieure. Il y avait juste assez d'eau pour fermer le tube, mais toute variation de pression entre les deux branches déplaçait le liquide dans un sens ou dans l'autre et le gaz passait sous forme de bulles. La rapidité et l'abondance des bulles permettait de juger de ce qui se passait dans le vase poreux, au point de vue de la diffusion. Vu la petite quantité d'eau qui occupait le coude du tube indicateur U, la pression, dans le vase poreux, ne différait jamais que d'une quantité négligeable de la pression extérieure.

26^e EXP. — Les deux thermomètres H et H' indiquaient, au début, $10^{\circ},32$ et $10^{\circ},23$. On fit arriver un abondant courant d'hydrogène par le tube *c* dans l'espace autour du vase poreux. L'endosmose fut rapide, à en juger par le passage des bulles dans le tube indicateur. Au bout de une minute, on observa $H = 10^{\circ},18$ d'où $\Delta H = 0^{\circ},14$ et $H' = 10^{\circ},23$ d'où $\Delta H'' = 0$. Dès que la diffusion fut arrêtée, on remplaça le courant d'hydrogène par un courant d'air. Dans le tube indicateur, il se fit un mouvement inverse

29^e EXP. — Essai analogue aux précédents avec l'air et le gaz d'éclairage. Courant de gaz établi à 0^m.

| | H | H' |
|--|-------------------|-------------------|
| 0 ^m , les thermomètres sont constants depuis
plusieurs minutes | 9 ^o 95 | 9 ^o 99 |
| 0, 20 ^s , l'endosmose a commencé . . . | 9,93 | |
| 0, 40 ^s , endosmose assez active | 9,91 | |
| 1, endosmose presque arrêtée | 9,89 | 10,02 |
| 2, aucun mouvement dans le tube U . . | 9,94 | |
| 4, » » » » | 9,98 | 10,02 |
| 6, » » » » | 10,01 | 10,03 |
| 8, » » » » | 10,02 | 10,03 |
| 9, on interrompt le courant de gaz et le
remplace par un courant d'air | 10,02 | |
| 9 ^m 30 ^s , exosmose assez active | 10,08 | |
| 10, l'exosmose continue plus faible . . | 10,10 | 10,05 |
| 11, l'exosmose a cessé complètement . . | 10,09 | |
| 13, » » » » | 10,08 | 10,05 |

Cette expérience est représentée graphiquement dans la planche XVII.

On y voit bien nettement comment les variations de température ont coïncidé avec l'endosmose et l'exosmose.

12. Les expériences 20 à 29 montrent que la variation de température qui accompagne la diffusion se manifeste très bien avec des gaz qui, n'ayant pas été desséchés, sont sûrement accompagnés de vapeur d'eau. — Dans ces expériences, le thermomètre H' plongé dans l'espace qui entoure le vase poreux n'a offert que des changements de température peu considérables. En général, il s'est lentement élevé pendant la durée de chaque série. Placé à l'extérieur du vase cylindrique P, il n'était rapproché que

d'une portion très restreinte de la paroi poreuse et on comprend que la variation de température devait l'affecter beaucoup moins que le thermomètre H, qui était enveloppé par la paroi siège de la diffusion. L'influence de la diffusion sur H' pouvait être assez faible pour être voilée et dissimulée par les autres causes générales (température propre du courant gazeux et de l'ensemble de l'appareil) qui devaient agir sur lui. J'ai cependant, dans plusieurs cas, nettement constaté, grâce à la sûreté des observations avec la lunette et en portant spécialement mon attention sur H', que ce thermomètre variait de petites quantités et dans un sens justement inverse de celui de H, cela surtout dans les occasions où il y avait une diffusion rapide. Ces variations, souvent inférieures à $0^{\circ},01$, mais parfois comprises entre $0^{\circ},01$ et $0^{\circ},02$, étaient en plus lors de l'endosmose et en moins lors de l'exosmose. — En examinant les diverses expériences précédemment décrites, on verra d'ailleurs plusieurs cas où cette variation de H' est bien d'accord avec le sens de la diffusion.

13. La grandeur de la variation de température qui accompagne la diffusion a été fort différente dans les diverses expériences et il n'est pas possible d'indiquer un chiffre qui exprime quelque chose de précis et de constant. On comprend que cette variation doit dépendre de la quantité de gaz qui diffuse et aussi de la rapidité avec laquelle le phénomène s'accomplit, c'est-à-dire de deux circonstances qui dépendent, à leur tour, de l'abondance des courants gazeux dirigés le long des parois du vase P. On a vu, dans les expériences précédemment décrites, de nombreux exemples où la grandeur du changement de température est nettement liée à l'activité de la diffusion.

— Si la diffusion est très lente, le changement de température qui l'accompagne peut être neutralisé par l'influence de la température générale de l'appareil. Cette influence doit d'ailleurs se faire sentir inégalement. Lorsque le vase poreux, ou plutôt seulement sa paroi interne, offre déjà un écart dans un certain sens, toute variation de température tendant à augmenter cet écart doit être un peu affaiblie. — Les variations les plus considérables qui ont été observées l'ont été lors de la diffusion entre l'hydrogène et l'air ; elles ont atteint, comme maximum, $+ 0^{\circ},37$ lors d'une exosmose et $- 0^{\circ},48$ lors d'une endosmose.

14. La diffusion comprenant un double courant, dans deux sens opposés, il est bien probable que la variation de température affecte d'une façon semblable les deux courants gazeux. Sur chaque face de la paroi poreuse, l'un des gaz tend à réchauffer et l'autre à refroidir. Ce que les expériences précédentes ont pu constater n'est sans doute que la *différence* entre ces deux effets.

On se rend compte, me semble-t-il, des résultats obtenus en se représentant que la diffusion donne lieu à un réchauffement du côté où les molécules gazeuses entrent dans le corps poreux et à un refroidissement du côté où elles en sortent. Comme les deux courants ont une inégale importance et que le gaz le moins dense passe en proportion plus grande que l'autre, on comprend qu'il y ait, en définitive, refroidissement du côté où arrive le courant le plus abondant et réchauffement de l'autre.

Peut-être ces variations de température se rattachent-elles simplement au cas ordinaire du réchauffement ou du refroidissement d'un gaz qui est condensé par une matière poreuse ou qui s'en dégage, — comme cela arrive, par

exemple, avec la vapeur d'eau en contact avec la matière des vases employés. On peut se représenter que chaque gaz subit une condensation sur la face par laquelle il entre dans la paroi poreuse : sur l'autre face il sort en se dilatant. La face d'entrée se réchauffe et la face de sortie se refroidit.

Un thermomètre placé près de la paroi poreuse indiquera naturellement les variations de température de la face qui l'avoisine. Il sera réchauffé ou refroidi par l'effet du rayonnement d'une part, et, d'une autre part, par le contact du gaz qui vient de sortir de la paroi poreuse et qui se mélange avec celui dans lequel le thermomètre est plongé. Dans mes expériences, l'influence du rayonnement des parois pouvait être importante, puisque cette paroi formait une enceinte enveloppant l'instrument, et il est probable que le gaz seul, à cause de sa faible masse, n'aurait provoqué qu'une variation de température moins grande.

Il est d'ailleurs bien certain que la variation de température accusée par le thermomètre doit être *notablement plus faible* que celle que subit réellement le gaz qui diffuse. Cette variation de l'instrument dépend, on le sait, de la masse et des chaleurs spécifiques des corps qui sont en présence. (Voir note 7 au § 17.)

15. La diffusion entre l'air et l'acide carbonique est beaucoup plus lente que celle qui se produit entre ce premier gaz et l'hydrogène ou le gaz d'éclairage. Comme l'air y joue le rôle de gaz le moins dense, j'ai fait de nombreux essais pour observer les variations de température qui se produisent alors. Les résultats ont toujours été conformes à la règle qu'il y a réchauffement du côté où

entre le courant le plus abondant et refroidissement du côté opposé. Ces résultats cependant sont tels que, à eux seuls, ils ne peuvent pas être donnés comme une *preuve* de la règle en question.

Voici quelques exemples. — Les deux gaz étaient employés chargés de vapeur d'eau.

30^e EXP. — Un lent courant d'acide carbonique a circulé dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. On observa, après 40 minutes, $H = 13^{\circ},03$ et $H' = 12^{\circ},93$. — L'acide carbonique fut arrêté et remplacé par un courant d'air dans l'espace extérieur, tandis que le vase P fut mis en communication avec le tube indicateur U (§ II). Il se produisit une lente et faible endosmose. Après 6 minutes, on observa : $\Delta H = -0^{\circ},13$ et $\Delta H' = -0^{\circ},02$. — Le même courant d'air fut alors bifurqué et une partie dirigée dans le vase poreux. La température H remonta de $0^{\circ},02$ en quatre minutes. — Un nouveau courant d'acide carbonique dans le vase extérieur donna lieu à une variation $\Delta H = +0^{\circ},03$; il devait se produire une faible exosmose.

31^e EXP. — Mêmes dispositions. Après une lente circulation d'acide carbonique à l'intérieur et à l'extérieur du vase poreux, on observa $H = 13^{\circ},04$ et $H' = 13^{\circ},01$. L'acide carbonique fut remplacé par un courant d'air dans l'espace extérieur. Après cinq minutes, on observa $\Delta H = -0^{\circ},06$ en même temps qu'une lente endosmose. Une partie du courant d'air fut alors dirigée dans le vase poreux dont la température continua très faiblement à baisser, à peu près $0^{\circ},02$ en dix minutes.

32^e EXP. Un lent courant d'air circula durant 20 minutes. H varia très peu, puis demeura constant à $14^{\circ},42$. —

On fit alors arriver de l'acide carbonique dans le vase extérieur tandis que le vase poreux fut mis en communication avec le tube U. Lente exosmose. Après 2 minutes, on observa $\Delta H = + 0^{\circ},04$. L'exosmose se prolongea assez longtemps, peu active. H continua à monter et varia de $+ 0^{\circ},15$ en 9 minutes, puis demeura constant à $14^{\circ},61$. On fit alors arriver, dans le vase extérieur, le courant d'air au lieu de l'acide carbonique. Il n'y eut plus ni endosmose ni exosmose sensible; H varia de $- 0^{\circ},04$ en 5 minutes.

33^e EXP. Un lent courant d'air bifurqué passa dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. H monta un peu, puis devint constant à $14^{\circ},62$ quoique le courant fut interrompu durant 5 minutes. — L'acide carbonique fut alors dirigé dans l'espace extérieur à P. On observa $\Delta H = + 0^{\circ},04$, en trois minutes, en même temps qu'il se produisit une faible exosmose. Ce courant fut remplacé par un courant d'air lequel donna lieu à une lente endosmose à cause de l'acide carbonique qui était entré dans le vase P lors de la diffusion précédente. H baissa très lentement de $0^{\circ},02$.

Ces exemples suffisent pour montrer ce qu'ont été les faits entre l'acide carbonique et l'air. En examinant de près les variations thermométriques, en même temps que la situation des gaz relativement à la paroi poreuse, on verra que les faits ne sont pas contraires à la loi indiquée précédemment, que la variation ΔH est bien négative quand elle doit l'être; mais qu'elle demeure nulle ou très faible quand elle doit être positive. On verra aussi que le thermomètre H a parfois continué à monter alors même qu'il n'y avait plus d'exosmose.

Il me semble que, dans ces expériences entre l'air et

l'acide carbonique, on entrevoit une cause générale qui vient s'ajouter, avec une importance prépondérante, à l'effet produit par une diffusion toujours peu active. Cette cause pourrait être un réchauffement de la substance poreuse quand elle est soumise à un courant d'acide carbonique, que ce courant soit extérieur ou intérieur au vase poreux, réchauffement qui n'a pas lieu ou qui est plus faible quand c'est l'air qui circule. Il résulterait de là que l'air intervient comme une cause de refroidissement, indépendamment du phénomène de la diffusion. Ce refroidissement paraît un peu plus actif quand il y a endosmose de l'air et moins actif ou nul quand il y a exosmose. — Je signalerai cependant l'expérience 30 où le refroidissement prononcé lors de l'endosmose paraît bien dû, au moins en partie, à l'influence de la diffusion, puisque le même courant d'air, introduit dans le vase poreux, fit remonter le thermomètre de 0°,02.

16. Les expériences 14 à 33 ainsi que les considérations qui les accompagnent peuvent se résumer dans les conclusions suivantes :

V. Lorsque l'air d'une part, l'hydrogène ou le gaz d'éclairage d'une autre part, sont en contact avec les deux faces de la paroi poreuse, la diffusion qui se produit provoque une variation de température, mais une variation de signe différent de part et d'autre de la paroi diffusante.

VI. Il y a abaissement de température du côté où se trouve le gaz le plus dense, par conséquent du côté où arrive le courant le plus abondant. Il y a, au contraire, élévation de température du côté opposé.

VII. Ces variations de température ont été constatées

lorsque les gaz prenant part à la diffusion sont desséchés aussi bien que quand ces gaz sont chargés de vapeur d'eau. — Lorsque les gaz sont employés sans dessiccation et sans humidification préalables, la diffusion donne nettement lieu aussi à la variation de température indiquée ci-dessus. Seulement alors, il est probable que cette variation est influencée par la présence de la vapeur d'eau.

VIII. La grandeur de la variation de température qui accompagne la diffusion a été différente dans divers cas et suivant la disposition particulière des expériences. Elle a toujours paru plus grande lorsque la diffusion est plus abondante et plus active.

IX. On se rend convenablement compte des faits constatés en supposant que, dans la diffusion, chaque courant gazeux produit un réchauffement du côté où il entre dans la paroi poreuse et un refroidissement du côté où il sort. Ces courants, ayant une importance inégale dépendant de leur densité (loi de Graham), on comprend qu'il y ait, en définitive, réchauffement sur l'une des faces de la cloison diffusante et refroidissement sur l'autre.

Diffusion avec changement de pression.

17. Il importe tout d'abord de voir dans quelle mesure les changements de pression seuls influent sur les indications du thermomètre H. Il doit y avoir une légère déformation de la cuvette du thermomètre, puis une variation de la température du gaz qui entoure l'instrument.

Pour apprécier la déformation que les changements de pression font subir au thermomètre, on a pris une éprouvette de verre qui pouvait être exactement fermée par le

bouchon de caoutchouc que traversait le thermomètre II et les tubes mentionnés précédemment. Cette éprouvette a été à peu près remplie de mercure. Dans le mercure plongeait la cuvette et une partie de la tige du thermomètre. L'éprouvette a été placée dans un second vase enveloppé d'une épaisse couche de coton. Le tube *a* a été relié à un petit manomètre à air libre, et l'autre tube *b* mis en communication avec une pompe à compression ou à dilatation. — Les changements de pression ont toujours été assez faibles pour que leur influence sur la température du mercure fût tout à fait négligeable (*).

On observait le thermomètre tout en faisant varier la pression à peu près avec le degré de rapidité qui se produit dans les expériences de diffusion. Voici quelques résultats :

| PRESSION | H | PRESSION | H |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 0 ^{mm} | 11 ⁰ 80 | 0 ^{mm} | 10 ⁰ 47 |
| + 160 | 11,84 | | |
| 0 | 11,81 | 0 | 12,32 |
| + 120 | 11,84 | — 100 | 12,30 |
| 0 | 11,81 | 0 | 12,31 |
| + 60 | 11,83 | — 50 | 12,30 |
| 0 | 11,82 | 0 | 12,31 |
| 0 | 10,47 | — 120 | 12,29 |
| + 190 | 10,50 | 0 | 12,31 |
| 0 | 10,46 | — 60 | 12,30 |
| + 100 | 10,48 | 0 | 12,32 |
| 0 | 10,46 | — 110 | 12,30 |
| + 60 | 10,48 | 0 | 12,32 |

(*) Pour une différence de pression de 100^{mm} la température propre du mercure varie seulement d'environ $\frac{1}{2}$ de millième de degré. (Voir Zeuner, *Théorie mécanique de la chaleur*, p. 559)

Il n'y a pas une parfaite régularité dans les résultats et, pour des variations aussi minimes, il aurait fallu pouvoir apprécier au-delà du centième de degré. On voit aussi que, lors du retour de la pression à 0^{mm}, le thermomètre ne revenait pas toujours à son point de départ. — Pour le but particulier que je me proposais, il est suffisamment exact, d'après les essais qui viennent d'être rapportés, de considérer la déformation du thermomètre comme correspondant à 0°,02 pour une variation de pression de 100^{mm} et d'admettre un changement proportionnel entre les variations de la pression et la déformation. Dans les expériences qui seront rapportées plus loin, les indications du thermomètre ont subi une correction (en s'en tenant au centième de degré) de $\mp 0°,01$ lorsque la pression s'écarte de ± 25 à $\pm 75^{\text{mm}}$ de la pression normale et une correction de $\mp 0°,02$ lorsque l'écart est de ± 75 à $\pm 100^{\text{mm}}$.

Pour étudier la variation de température du thermomètre H provoquée par le réchauffement ou le refroidissement dû à la compression ou à la dilatation du gaz dans lequel il est plongé, j'ai employé un vase poreux parfaitement semblable à P, mais verni à l'extérieur. Ce vase était d'ailleurs placé dans les conditions connues et déjà décrites pour éliminer les influences ambiantes. Le tube *a* était mis en communication avec une pompe et *b* avec le manomètre. Les variations de pression étaient, autant que possible, produites avec le même degré de rapidité que celles qui ont eu lieu lors de la diffusion.

Un grand nombre d'expériences ont été faites en comprimant ou en raréfiant l'air contenu dans le vase. Voici quelques exemples des résultats obtenus :

| Accr. de pression | ΔH | Dim. de pression | ΔH |
|--------------------|------------|---------------------|------------|
| + 80 ^{mm} | + 0,09 | — 100 ^{mm} | — 0,13 |
| 100 | 0,12 | 50 | 0,08 |
| 50 | 0,07 | 50 | 0,08 |
| 50 | 0,08 | 60 | 0,10 |
| 60 | 0,09 | 80 | 0,11 |
| 100 | 0,11 | 50 | 0,07 |
| 50 | 0,07 | 40 | 0,06 |

Ces chiffres proviennent de séries faites dans divers jours et par des températures absolues de 12 à 17°. Ils ne peuvent évidemment pas prétendre à représenter la vraie variation de température que subissait le gaz. Il y a l'influence refroidissante des parois du vase et, par conséquent, du temps pendant lequel la variation s'accomplit, de la conductibilité du gaz qui est plus grande pour l'hydrogène que pour l'air, etc., etc. (7) Il me suffisait, pour le but actuel, de voir à peu près ce qui est accusé par le thermomètre H dans des circonstances analogues (au point de vue de la pression) à celles qui se produisent dans le phénomène de la diffusion.

18. Les expériences où la diffusion s'accompagne d'un changement de pression ont été exécutées avec le vase P,

(7) Supposons l'air à 15° et à 720^{mm} de force élastique. En appliquant une formule connue de la théorie mécanique de la chaleur, on trouve qu'une augmentation de pression de 60^{mm} provoquerait une variation de température de + 6°,8 s'il n'y avait aucune soustraction de chaleur durant le changement de pression. Ce chiffre est très supérieur à ce qui a été réellement observé à cause de la chaleur absorbée par les parois du vase et par la substance du thermomètre dont les masses sont considérables comparées à celle du gaz comprimé.

Dans les phénomènes de diffusion, il doit évidemment y avoir aussi une grande différence entre les changements de température accusés par le thermomètre et ceux que subissent réellement les gaz qui diffusent.

installé comme il a été dit précédemment et mis en communication avec un manomètre à air libre. Lorsque P communiquait avec le manomètre par le tube *b* pendant toute la durée d'une expérience, le tube *a* était maintenu fermé et l'on faisait arriver le gaz uniquement le long de la paroi extérieure du vase poreux. Voici alors comment les phénomènes se succédaient :

Un courant d'hydrogène, par exemple, arrive dans l'espace entre P et V ; il y a endosmose, la pression dans le vase P augmente rapidement, et en moins d'une minute généralement atteint son maximum. Comme l'air contenu dans le vase poreux sort aussi en partie, l'atmosphère intérieure s'enrichit de plus en plus d'hydrogène et la diffusion diminue. L'équilibre intérieur et extérieur des pressions tend à se rétablir à cause de la porosité des parois et le manomètre baisse, se rapprochant lentement du 0. Si l'on interrompt le courant d'hydrogène, les parties de ce gaz contenues entre P et V se dégagent bientôt à cause de leur légèreté et cet espace se remplit naturellement d'air. Il se produit alors une exosmose de l'hydrogène qui était entré dans P lors de la première phase de l'expérience ; la pression devient inférieure à la pression extérieure, le manomètre descend au-dessous de 0 et atteint un minimum qui correspond au moment où l'hydrogène qui sort est égal à l'air qui rentre.

L'atmosphère intérieure du vase poreux devenant de moins en moins différente de l'atmosphère extérieure, la diffusion diminue et le manomètre remonte jusqu'à ce que les pressions intérieure et extérieure soient équilibrées. — Si, à un moment donné, on remplace le courant d'hydrogène extérieur par un courant d'air, on rend plus ac-

tive l'exosmose de l'hydrogène entré dans le vase P et on provoque une baisse plus rapide du manomètre.

Il va de soi que les diverses phases qui viennent d'être indiquées se succèdent plus ou moins rapidement suivant l'abondance du courant d'hydrogène qui vient s'écouler autour du vase poreux, suivant que cet hydrogène peut plus ou moins promptement s'éliminer de l'espace entre P et V lorsque le courant est interrompu et enfin suivant la présence ou l'absence d'un courant extérieur d'air après que le flux d'hydrogène a cessé.

Dans les exemples que je vais citer, les faits se sont produits tantôt comme ils viennent d'être décrits, tantôt un peu différemment, lorsque le manomètre n'était pas relié au vase P pendant toute la durée de l'expérience.

19. 34^e EXP. — On trouvera la suite des résultats obtenus dans le tableau ci-joint, qui doit être accompagné des explications suivantes: A 1^m, le courant d'hydrogène fut amené dans l'espace extérieur au vase poreux; la pression augmenta rapidement jusqu'à un maximum de 88^{mm}. A ce moment, $\Delta H = + 0^{\circ},02$. Le courant d'hydrogène fut alors interrompu et remplacé par un faible courant d'air; la pression diminua et il se produisit une variation $\Delta H = - 0^{\circ},14$ pendant que le manomètre revenait à 0^{mm}. La pression continua à diminuer; elle atteignit rapidement un minimum de 70^{mm} et la variation ΔH fut $- 0^{\circ},04$. La pression redevint lentement normale avec une variation $\Delta H = + 0^{\circ},19$. — Après quelques moments d'arrêt, on répéta, à 6^m 30^s ces diverses opérations; mais le courant d'air fut lancé seulement à 8^m 30^s. Les changements de pression et de température se succédèrent d'une manière analogue. — A 12^m 30^s, nouvelle

« série encore semblable. — Enfin, à 17^m est lieu une quatrième série qui fournit des résultats pareils à ceux des séries précédentes.

Exp. 34.

| TEMPS | PRESSION | H | H' |
|-------------------|----------------|-------|-------|
| 0 ^m | 0 ^m | 11,60 | 11,62 |
| 1 | 0 | 11,60 | 11,62 |
| 1-35 ^s | + 88 | 11,62 | 11,62 |
| 2-20 | 0 | 11,48 | — |
| 2-50 | — 70 | 11,47 | — |
| 3-30 | — 20 | 11,63 | 11,68 |
| 5 | 0 | 11,66 | — |
| 6 | 0 | 11,67 | — |
| 6-30 | 0 | 11,66 | 11,68 |
| 7 | + 86 | 11,69 | — |
| 7-30 | + 50 | 11,65 | — |
| 8-30 | 0 | 11,55 | 11,90 |
| 8-50 | — 70 | 11,55 | — |
| 9 | — 81 | 11,55 | — |
| 10-20 | — 5 | 11,74 | 11,91 |
| 11 | 0 | 11,75 | — |
| 12-30 | 0 | 11,73 | 11,92 |
| 13 | + 85 | 11,74 | — |
| 13-50 | + 10 | 11,60 | — |
| 14-20 | 0 | 11,58 | 11,94 |
| 14-45 | — 72 | 11,61 | — |
| 15-40 | — 4 | 11,79 | — |
| 16-30 | 0 | 11,80 | 11,96 |
| 17-00 | 0 | 11,80 | 11,96 |
| 17-45 | + 55 | 11,80 | — |
| 18-30 | 0 | 11,68 | — |
| 19-00 | — 44 | 11,67 | 11,98 |
| 22-00 | 0 | 11,77 | 11,98 |

Les variations de température observées pendant l'endosmose et l'accroissement de la pression ont été : $+ 0^{\circ},02$; $+ 0,03$; $+ 0,01$; $0,00$; lors du retour de la pression à l'équilibre : $- 0^{\circ},14$; $- 0,14$; $- 0,16$ et $- 0,12$; — lors de l'exosmose avec diminution de pression : $- 0^{\circ},01$; $0,00$; $+ 0,03$; $- 0,01$; — lors du retour à l'équilibre, après l'exosmose : $+ 0^{\circ},19$; $+ 0,20$; $+ 0,19$; $+ 0,10$.

Exp. 33.

| TEMPS | PRESSION | H | H' |
|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 0 ^m | 0 ^{mm} | 13 ⁰⁴ | 13 ⁰⁸ |
| 0-45 | + 55 | 13,07 | 13,06 |
| 3 | 0 | 13,00 | 13,06 |
| 3-30 | — 30 | 13,00 | |
| 4-15 | — 10 | 13,07 | 13,04 |
| 5 | 0 | 13,11 | |
| 6 | 0 | 13,12 | |
| 6-40 | + 54 | 13,13 | 13,09 |
| 7-50 | + 10 | 13,00 | |
| 9 | 0 | 13,00 | |
| 9-30 | — 35 | 13,01 | 13,08 |
| 11 | — 5 | 13,08 | 13,06 |
| 12-30 | 0 | 13,09 | |
| 13-20 | + 53 | 13,09 | |
| 14-30 | + 40 | 13,04 | 13,04 |
| 16 | 0 | 13,00 | |
| 16-30 | — 30 | 12,98 | |
| 16-40 | — 40 | 12,98 | |
| 17-20 | — 20 | 13,04 | |
| 19 | 0 | 13,07 | |
| 20 | 0 | 13,08 | 13,06 |
| 20-40 | + 50 | 13,09 | |
| 23 | 0 | 13,00 | 13,03 |
| 23-30 | — 26 | 13,00 | |
| 25 | 0 | 13,07 | |

35^e EXP. — Expérience analogue à la précédente avec du gaz d'éclairage et se composant de plusieurs séries semblables à celles de l'expérience 34. Il me paraît inutile de les accompagner d'explications détaillées. On supprimait le courant de gaz et on le remplaçait par un courant d'air lorsque la pression était équilibrée, ainsi à 3^m, 9^m, 16^m, 23^m.

Les résultats furent tout semblables à ceux qui avaient été obtenus avec l'hydrogène. Lors de l'endosmose et accroissement de pression, la température présente comme variation : + 0,03 ; + 0,01 ; 0,00 ; + 0,01 ; — lors du retour à l'équilibre : — 0^e,07 ; — 0,13 ; — 0,09 ; — 0,09 ; — lors de l'exosmose avec diminution de pression : 0^e,00 ; + 0,01 ; — 0,02 ; 0,00 ; — lors du retour à l'équilibre : + 0^e,12 ; + 0,08 ; + 0,09 ; + 0,07. (Voir tabl. p. précéd.)

35 bis. — A 0^m, on dirigea un courant de gaz d'éclairage dans l'espace extérieur au vase poreux et on le laissa persister 8 minutes. On voit dans le tableau ci-après comment ont varié les pressions et les températures. Après une faible hausse, la température a baissé ; $\Delta H = - 0^e,06$ en 2 minutes. Après 3 minutes, la pression ne différait plus que de 1^{mm} environ de la pression extérieure ; elle n'a plus guère varié jusqu'à la huitième minute. Pendant ce temps, le thermomètre H s'est lentement relevé, très probablement sous l'influence de la température générale de l'appareil. — A 8^m, le courant de gaz a été remplacé par un courant d'air. Il s'est produit une rapide exosmose du gaz d'éclairage qui était entré dans P ; la pression a varié de 54^{mm} et la température de 0^e,02. La pression est ensuite lentement redevenue normale et la température a présenté une hausse prononcée durant les deux premières minutes.

Cette expérience est représentée graphiquement Pl. XVII.

La courbe ponctuée est destinée à montrer approximati-

vement la variation de la pression, l'horizontale par 11⁰,05 correspondant à la pression 0^{mm}.

Exp. 38 bis.

| TEMPS | PRESSION | H | H' |
|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 0 ^m | 0 ^{mm} | 10 ⁰ 99 | 11 ⁰ 00 |
| 0-15 ^s | + 20 | 11,00 | — |
| 0-30 | 44 | 11,00 | — |
| 0-45 | 40 | 10,99 | — |
| 1-00 | 28 | 10,96 | — |
| 1-30 | 15 | 10,95 | — |
| 2-00 | 6 | 10,93 | 11,03 |
| 2-30 | — | 10,94 | — |
| 3-00 | 1 | 10,96 | — |
| 4-00 | 0,5 | 10,98 | — |
| 5-00 | 0,5 | 10,99 | 11,03 |
| 6-00 | 0 | 11,00 | — |
| 8-00 | 0 | 11,01 | — |
| 8-30 | — 54 | 10,99 | — |
| 9-00 | — 25 | 11,06 | — |
| 9-30 | — 10 | 11,10 | — |
| 10-00 | — 2 | 11,10 | 11,05 |
| 11-00 | 0 | 11,09 | — |
| 12-00 | 0 | 11,09 | — |
| 13-00 | 0 | 11,08 | 11,06 |

20. D'autres expériences, présentant des phases semblables aux précédentes, ont toujours fourni des résultats analogues.

Les variations de température du vase poreux pendant l'endosmose ou l'exosmose apparaissent ici tout autres que ce qui a été observé lorsque le phénomène se produit sans changement de pression. Cependant, en examinant de près

comment les variations de température se succèdent dans les diverses phases de l'expérience, on arrive à s'en rendre compte d'une manière qui me paraît satisfaisante en admettant que le changement de température dû à la diffusion est conforme aux règles trouvées précédemment, mais que ce changement est en conflit avec celui qui résulte de la compression ou de l'expansion du gaz renfermé dans le vase poreux. Voici probablement ce qui se passe :

Au moment où l'hydrogène (par exemple) entre par diffusion, ce gaz et la face intérieure du vase poreux se refroidissent conformément à la loi connue ; mais, en même temps, la pression augmente dans l'appareil et, pour ce motif, l'ensemble du gaz qui y est contenu se réchauffe. Les couches enveloppant le thermomètre sont comprimées et leur réchauffement tend à élever la température de l'instrument ; d'une autre part, l'hydrogène arrivant par endosmose et le rayonnement des parois internes du vase tendent à s'abaisser. Le résultat final est, on l'a vu, dans la plupart des cas au moins, un faible réchauffement. Mais, dès que la pression cesse d'augmenter, qu'elle diminue au contraire, le refroidissement dû à l'expansion vient ajouter son influence au refroidissement qui provient des parois du vase et des couches d'hydrogène qui n'avaient pas encore circulé jusque vers la cuvette du thermomètre. C'est alors que se produit un abaissement prononcé de la température. On peut se représenter, en résumé, que le réchauffement dû à la compression est compensé par le refroidissement dû à l'expansion qui succède immédiatement ; il reste comme résultat final, quand la pression est redevenue ce qu'elle était à l'origine, le refroidissement dû à l'endosmose de l'hydrogène.

Lorsque le vase poreux est rempli d'hydrogène et qu'on

fait arriver un courant d'air à l'extérieur, il se produit des phénomènes inverses, mais analogues. Lors de l'exosmose, il y a réchauffement sur la face interne de P ; mais, en même temps, l'expansion du gaz tend à abaisser la température ; le résultat accusé par le thermomètre H est tantôt nul, tantôt une faible variation, le plus souvent en moins. Mais l'atmosphère du vase poreux s'étant appauvrie en hydrogène et, au contraire, accrue d'air atmosphérique, l'exosmose devient de plus en plus faible et ne compense pas le retour de l'air pour rétablir l'équilibre. La pression augmente et, sous cette influence-là, augmentée du rayonnement de la paroi interne du vase poreux, le thermomètre s'élève. Ici encore, on peut se représenter que la variation de température due à l'expansion du gaz est compensée par une variation inverse lors du retour de la pression. Il reste alors, comme effet final, le réchauffement dû à l'influence connue de l'exosmose.

Il est à remarquer que les variations accusées par le thermomètre, dans les diverses phases d'une expérience, doivent dépendre de la rapidité avec laquelle ces phases se succèdent, parce que la masse de la paroi poreuse tend à prendre de la chaleur ou à en céder au gaz qui remplit le vase P. Si la cause qui fait varier la température de ce gaz agit rapidement, cette influence de la matière poreuse sera moins sensible et le thermomètre variera davantage. Il est probable également que les deux causes opposées qui agissent sur la température, lors d'une endosmose, par exemple, ne font pas sentir leur action simultanément sur le thermomètre. L'arrivée des premières traces d'hydrogène provoque un accroissement immédiat de pression dans tout l'intérieur du vase poreux, donc dans les couches qui entourent le thermomètre. On comprend que la

température indiquée par l'instrument s'élève parce qu'il n'a pas encore été touché par des courants d'hydrogène plus froids, ou parce que la paroi intérieure un peu refroidie du vase poreux n'exerce son action qu'avec un certain retard relativement à l'influence de la compression de l'air. Des remarques analogues s'appliquent aux phénomènes qui se produisent lors de l'exosmose.

21. Voici encore quelques expériences et quelques faits de détail qui me semblent confirmer les résultats déjà obtenus et les considérations qui précèdent.

Dans l'exemple qui suit, le temps n'a été noté que d'une manière approximative ; mais la variation du thermomètre H, exclusivement, a été suivie de plus près en même temps que la variation de la pression.

EXP. 36°. — L'appareil étant au repos, la température étant constante depuis plusieurs minutes,

| | PRESSION | H |
|---|--------------------|--------|
| on observe. | 0 ^{mm} | 11°,84 |
| Un courant d'hydrogène est dirigé dans l'espace extérieur au vase poreux, puis conservé sensiblement constant ; | | |
| au bout d'environ 40 secondes, on a | + 82 ^{mm} | 11°,87 |
| La pression n'avait pas encore baissé que le thermomètre | | |
| fléchissait déjà et marquait | | 11°,86 |
| Puis on observa | + 50 ^{mm} | 11°,78 |
| | + 10 | 11°,76 |

Ainsi, le maximum de température n'est pas nécessairement lié au maximum de pression et on voit que le refroidissement a été prononcé surtout dans les premiers moments après le maximum.

La pression demeura environ 2 minutes égale à celle de

l'air ambiant ; pendant ce temps, le thermomètre varia peu ; il monta de 0°,02 à 0°,03. — Le courant d'hydrogène fut seulement alors interrompu et remplacé par un abondant courant d'air. En quelques secondes, il y eut une rapide exosmose avec raréfaction de l'intérieur de P et on observa — 60^{mm} 11°,78

Ici donc, pendant l'exosmose, il n'y eut à peu près pas de variation de température. Pendant le retour de la pression, le réchauffement fut très prononcé, on observa

. — 40^{mm} 11°,88
puis, lorsque la pression fut équilibrée 0^{mm} 11°,94

On vient de voir que lors de l'endosmose avec augmentation de la pression, le thermomètre H commença sûrement à baisser avant que le manomètre eût quitté son point maximum. Un fait analogue a été constaté souvent lorsque l'exosmose, avec raréfaction du gaz, provoquait une légère baisse du thermomètre. La température commençait à s'élever avant que la colonne mercurielle du manomètre accusât un accroissement de la pression. Ces faits se comprennent très bien si l'on admet que le réchauffement dû à la compression, par exemple, est partiellement compensé par le refroidissement dû à l'endosmose ; que cette seconde cause de variation de température agit sur le thermomètre un peu en retard sur la première ; mais que, dès qu'il n'y a plus accroissement ou accroissement un peu rapide de la pression, l'effet produit par l'endosmose devient prépondérant.

37° Exp. — Les deux thermomètres H et H' indiquaient 10°,88. Un courant d'hydrogène fut dirigé à travers le vase poreux, qui ne communiquait pas encore avec le manomètre, et un courant d'air dans l'espace extérieur à P. Il

se produisit une exosmose sans différence de pression ; après une demi-minute, on observa : $H = 11^{\circ},00$; après une minute, $H = 11^{\circ},08$. Les gaz continuant à circuler, la température s'éleva encore, quoique plus lentement et, après 3 minutes, on observe $H = 11^{\circ},21$. Il y a donc eu là le réchauffement connu et prononcé accompagnant l'exosmose sans variation de pression. Pendant ces 3 minutes, H baissa de $0^{\circ},02$, ce qui est bien conforme aux lois déjà indiquées. — A 3^m , le courant d'hydrogène fut arrêté et le vase poreux relié immédiatement au manomètre. Il devait donc se produire une exosmose avec diminution de pression. En 50 secondes, la pression baissa de 80^{mm} ; H indiqua $11^{\circ},18$, variant ainsi de $-0^{\circ},03$. L'exosmose ayant cessé, le manomètre remonta ; après deux nouvelles minutes, la pression était équilibrée et H était arrivé à $11^{\circ},25$, montant ainsi de $0^{\circ},07$. — Cette dernière hausse est faible ; mais H était déjà sûrement supérieur à la température générale de l'appareil et, par conséquent, son réchauffement devait être affaibli.

38^e exp. — Essai semblable au précédent avec de l'hydrogène qui fut dirigé à travers le vase poreux et provoqua, en une minute, une variation $\Delta H = +0^{\circ},18$. Le courant d'hydrogène fut arrêté, le vase poreux rapidement relié au manomètre et un courant d'air lancé dans l'espace extérieur à P pour activer l'exosmose. En quelques secondes, la pression varia de -80^{mm} et la température de $-0^{\circ},04$; puis le manomètre remonta et, au bout de une et demi minute, la pression était équilibrée et le thermomètre H avait monté de $0^{\circ},08$.

Dans ces deux dernières expériences, l'exosmose sans variation de pression produit le réchauffement connu ; mais dès que le vase poreux est fermé et que par consé-

quent le gaz s'y raréfie, il y a tout d'abord une baisse du thermomètre à laquelle succède une hausse lorsque l'équilibre de pression se rétablit. Cette hausse est moins prononcée que dans les expériences 34 et 35 et elle a été suivie, bientôt après, d'un lent refroidissement pendant plusieurs minutes. Cela tient très probablement à ce que dans ces deux dernières expériences il y avait eu déjà un réchauffement dans la première phase de l'opération; la paroi intérieure du vase poreux était donc déjà au-dessus de la température générale de l'appareil; elle devait ainsi moins facilement se réchauffer d'avantage et devait au contraire se refroidir dès qu'il n'y avait plus une cause active d'élévation de température.

Dans d'autres essais, que je crois superflu de rapporter, j'ai toujours constaté des faits analogues à ceux des expériences 37 et 38. Lorsque l'hydrogène ou le gaz d'éclairage avaient circulé plusieurs minutes dans le vase poreux — surtout si, en même temps, un courant d'air passait à l'extérieur — l'exosmose faisait monter de $0^{\circ},20$ à $0^{\circ},40$ le thermomètre H. Si alors on reliait promptement le vase poreux avec le manomètre, la température, après avoir un peu baissé pendant la raréfaction du gaz, ne montait de nouveau que de $0^{\circ},08$ à $0^{\circ},05$ pendant le retour à l'équilibre. A cette dernière ascension succédait une baisse parfois assez rapide et se prolongeant jusqu'à ce que le thermomètre H fût arrivé à la température, demeurée bien plus bas, de H'. Ainsi que je l'ai dit, cette baisse et la faible hausse qui l'avait précédée sont très probablement la conséquence de l'excès même de réchauffement qui s'était produit pendant la première partie de l'expérience, excès de réchauffement qui n'avait intéressé qu'une portion de la paroi poreuse. L'influence générale

de la masse de l'appareil devait refroidir les parties exceptionnellement réchauffées et rétablir dans l'ensemble une même température.

22. On peut résumer comme suit ces derniers faits relatifs à la diffusion avec changement de pression.

X. Lorsque l'endosmose d'un gaz plus léger s'accompagne d'un accroissement de pression dans le vase poreux, la température ne varie que très peu et plus généralement augmente pendant l'endosmose.

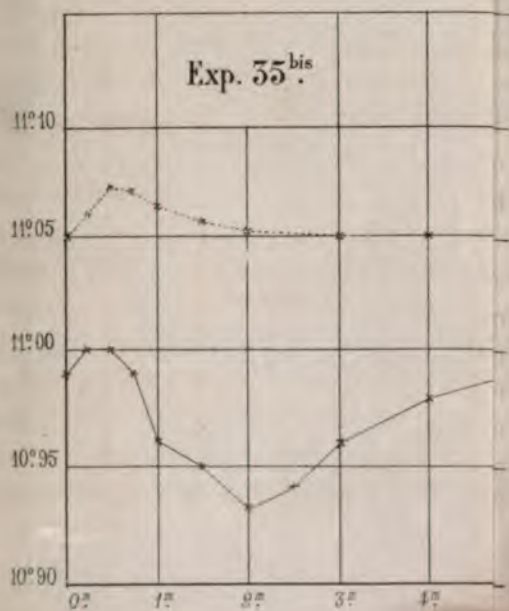
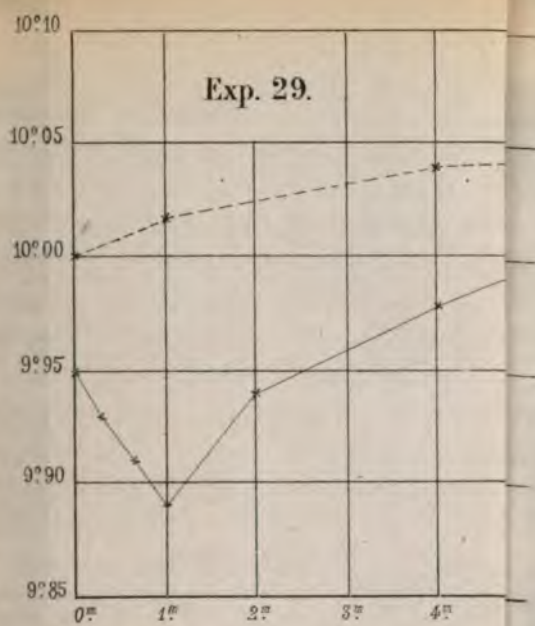
XI. Pendant que le manomètre baisse après avoir atteint son maximum et que les pressions tendent à s'équilibrer, la température diminue plus ou moins rapidement et d'une quantité relativement considérable.

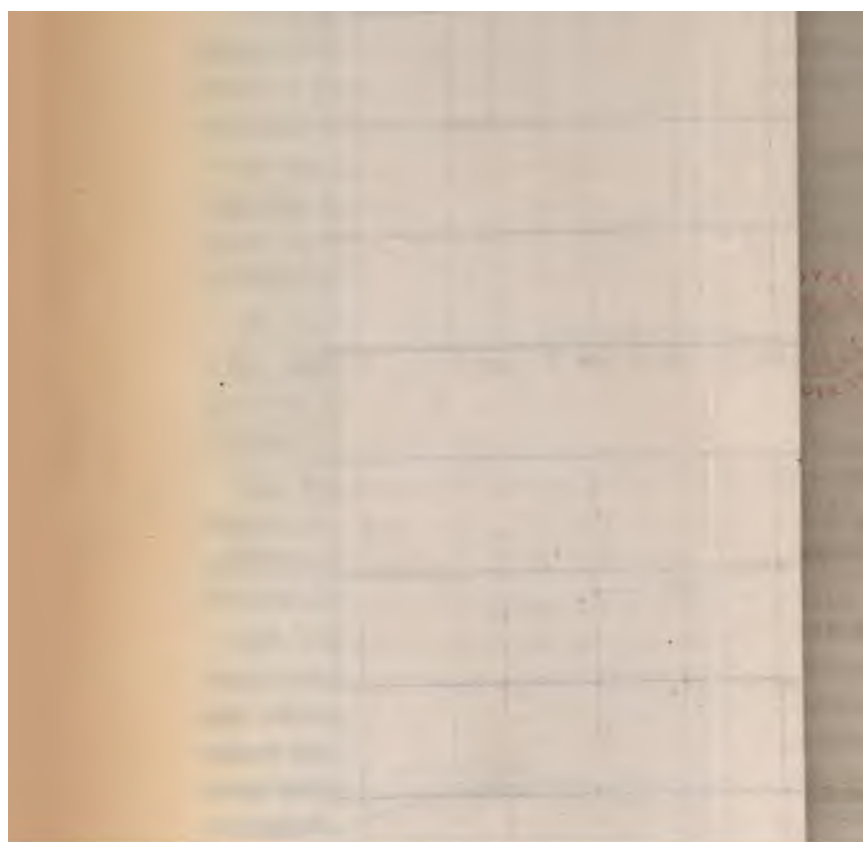
XII. Lorsque l'exosmose d'un gaz plus léger donne lieu à une diminution de pression dans le vase poreux, la température ne varie que très peu et plus généralement elle diminue pendant l'exosmose.

XIII. Pendant que le manomètre remonte après avoir atteint son maximum et que les pressions tendent à s'équilibrer, la température augmente plus ou moins rapidement et d'une quantité relativement considérable.

XIV. Cette marche de la température, lorsque la diffusion s'accompagne d'un changement de pression, s'explique convenablement en admettant que la variation thermique due à la diffusion est conforme aux lois précédemment indiquées (voir § 16) et qu'elle s'ajoute, mais avec un certain retard, à la variation provoquée par la compression ou la raréfaction du gaz qui entoure le thermomètre.







Lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Fribourg, en août 1872, j'ai fait connaître, dans une courte communication verbale, quelques-uns des faits indiqués dans le présent mémoire. Les *Archives des sciences physiques et naturelles* de Genève (n° de septembre 1872) les ont signalés dans leur compte-rendu de cette réunion.

Quelques temps après, M. W. Feddersen, de Leipzig, a publié (*Poggend. Annalen*, CXLVIII, p. 302, année 1873), une note dans laquelle il annonce que la connaissance de mes résultats l'a engagé à reprendre des expériences déjà commencées par lui sur la question de savoir si l'inégalité de température des deux faces d'une cloison poreuse ne peut pas devenir une cause de diffusion dans un seul et même gaz. L'auteur cite des essais où il employa comme corps poreux de l'éponge de platine, du gyps, du charbon, etc., et dans lesquels un courant allant de la face froide à la face chaude du corps poreux s'est nettement produit. Il propose le mot de *thermodiffusion* pour désigner cet important phénomène.

M. Feddersen termine sa note par la remarque suivante : « Dans les expériences de M. Dufour, on observe une différence de température due à la diffusion ; dans les miennes, une diffusion due à une différence de température et se produisant dans un sens tel que cette différence tend — en appliquant les lois indiquées par M. Dufour — à devenir plus faible. Il y a donc, dans ces phénomènes, une sorte de réciprocité tout à fait semblable à cette réciprocité déjà connue entre la chaleur et l'électricité qui se manifeste dans les courants thermoélectriques (analogie : thermodiffusion) et dans le réchauffement des soudures de Peltier (analogie : exp. de M. Dufour). »

THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DU GYROSCOPE

PAR

P. PICCARD

professeur.

~~— 1900 —~~

Le gyroscope est un instrument qui est connu sous sa forme actuelle depuis une quinzaine d'années, et qu'on rencontre maintenant dans la plupart des cabinets de physique.

Il se compose d'un disque A (fig. 1), dont l'axe est monté dans une chape BB. Cette chape porte une tige ou queue C, dirigée dans le prolongement de l'axe du disque.

Lorsqu'on imprime au disque A un mouvement de rotation rapide, et qu'on pose l'extrémité de la tige C sur une pointe D, l'instrument, au lieu de tomber, reste suspendu en porte à faux sur la pointe D, autour de laquelle il se met à tourner d'un mouvement horizontal plus ou moins lent.

Au premier abord, ce phénomène paraît très étrange et même contraire aux lois élémentaires de la mécanique. Tant que le disque conserve son mouvement de rotation rapide, la pesanteur semble ne plus exercer d'action sur l'instrument.

Cette expérience, tout étrange qu'elle puisse paraître au premier abord, a bien vite été expliquée par les lois mêmes de la mécanique, qu'elle paraissait infirmer.

Les explications du phénomène, qui ont été données,

étant complètes et entièrement satisfaisantes; pourquoi revenons-nous sur ce sujet?

Ces explications se rattachent toutes, à notre connaissance au moins, à une série de démonstrations et de calculs qui supposent la connaissance de la théorie de la rotation des corps. Mais l'instrument étant simple, nous avons pensé qu'on devait pouvoir en donner une explication simple également et basée uniquement sur les théorèmes généraux de la mécanique; c'est ce que nous avons essayé de faire.

Nous donnerons d'abord une explication du phénomène, sans calcul, qui en fasse entrevoir les causes; puis appliquant les formules élémentaires de la mécanique à l'instrument, nous arriverons à trouver les vitesses de rotation qui amènent l'équilibre.

Dans l'explication qui va suivre, nous étudierons seulement le cas où la tige C de l'instrument est horizontale et décrit en tournant un plan dans l'espace. On peut aussi placer la tige C obliquement, elle décrit alors un cône et il y a également équilibre. Ce second cas peut se ramener très facilement au premier, mais comme il n'ajoute rien à l'explication que nous nous sommes proposée, nous le laisserons de côté.

Considérons un mobile m (fig. 2) qui se meut sur un cercle $ABCD$, pendant que ce cercle tourne autour de l'axe BD . Le point m sera animé d'un double mouvement et décrira une courbe gauche dans l'espace.

Le sens des deux mouvements étant celui qui est indiqué par les flèches v et v' de la figure, il est facile de reconnaître que pendant que le mobile m se meut sur la moitié supérieure ABC du cercle, la trajectoire du mobile tourne constamment sa convexité du côté P de l'axe FG ;

il suffira, en effet, de se représenter le mouvement du mobile dans le voisinage du point B pour reconnaître qu'il en est bien ainsi.

Lorsqu'au contraire le mobile se meut sur la moitié inférieure CDA du cercle, la trajectoire de m tourne constamment sa convexité vers G.

Or, lorsqu'un mobile se meut sur une courbe, il exerce une pression sur cette courbe, dirigée constamment vers la convexité de la courbe; c'est la force centrifuge. Le point m exercera donc, dans son double mouvement, sur le plan du cercle ABCD, une pression tournée vers F pour la moitié supérieure ABC du cercle et vers G pour la moitié inférieure CDA.

Si, au lieu d'un seul mobile m , nous avons une série de points ou un anneau matériel ABCD tournant en même temps autour des axes FG et BD, tous les points de l'anneau compris dans la moitié supérieure ABC exerceront une pression tournée vers F, tandis que ceux compris dans la moitié inférieure CDA exerceront leur pression vers G. Toutes ces pressions formeront un couple indiqué sur la figure par les flèches //, et le mouvement de m étant complètement symétrique par rapport à la ligne AC, les pressions seront aussi symétriques par rapport à cette ligne, donc AC sera l'axe du couple.

Au lieu d'un anneau, nous pourrions aussi avoir un disque matériel, qui ne serait autre chose qu'une réunion d'une infinité d'anneaux concentriques.

Les couples produits par tous ces anneaux auront un axe commun CA et s'ajouteront pour former un couple résultant ayant même axe que les couples élémentaires.

Si l'anneau ou le disque ABCD tournait autour de l'axe HI, au lieu de BD, le même couple se produirait encore,

car une rotation autour de HI revient identiquement à une rotation de même vitesse autour de BD et à une translation de tout le système sur un cercle de rayon FE. Dans cette translation, les vitesses de tous les points de l'anneau étant égales et parallèles, il ne pourra en résulter aucun couple, tandis que la rotation autour de BD produira son couple comme dans le cas précédent.

Le couple $\mathcal{M}$ n'est donc pas changé lorsqu'on transporte l'axe de rotation de BD en HI.

Il est facile de reconnaître que l'anneau ou le disque que nous venons de considérer n'est pas autre chose que le disque du gyroscope. Dans le double mouvement du disque du gyroscope il naît un couple $\mathcal{M}$ qui, pour certaines vitesses, fait justement équilibre au couple de la pesanteur qui tend à le renverser.

Comment se fait-il maintenant que lorsqu'on pose la tige C (fig. 1) sur la pointe D, l'instrument se mette, de lui-même, à tourner dans un plan horizontal, et comment se fait-il que l'instrument prenne, également de lui-même, la vitesse ω' qui correspond à l'équilibre?

C'est que, lorsqu'on abandonne l'instrument à lui-même, après avoir posé la tige C sur la pointe D, il tombe d'une petite quantité, et pendant cette chute le disque est animé d'un double mouvement semblable à celui que nous venons d'étudier, qui, d'après l'explication précédente, fait naître instantanément un couple à axe vertical, lequel imprime à l'appareil un mouvement horizontal. La chute dure jusqu'à ce que la vitesse ω' du mouvement horizontal soit telle que le couple à axe horizontal qui en résulte fasse équilibre à la pesanteur, alors la cause de la chute cessant, celle-ci s'arrête, le couple à axe vertical disparaît

et le mouvement horizontal, cessant de s'accélérer, devient uniforme.

Appliquons maintenant le calcul au phénomène, tel que nous venons de l'expliquer.

Considérons un mobile de masse infiniment petite, dm , (fig. 3), courant sur le cercle ABCD, pendant que celui-ci tourne autour de l'axe BD, que nous prendrons pour axe des Z. Recherchons la projection V_y de la vitesse réelle du mobile sur l'axe des Y.

Lorsque nous l'aurons trouvée, nous saurons que la réaction ρ que le mobile exerce sur sa trajectoire, dans le sens Y, sera :

$$- dm \frac{dV_y}{dt}$$

Appelons ω la vitesse angulaire du mobile sur le cercle et ω' la vitesse angulaire du cercle autour de l'axe des Z.

La vitesse du mobile sur le cercle est $r\omega$, sa projection sur l'axe des Y sera $-r\omega \sin \alpha \sin \alpha'$.

La vitesse du mobile due au mouvement du cercle est $r \cos \alpha \omega'$, sa projection sur l'axe de Y sera :

$$r \cos \alpha \omega' \cos \alpha',$$

donc :

$$V_y = r\omega' \cos \alpha \cos \alpha' - r\omega \sin \alpha \sin \alpha'.$$

Remarquons que $\alpha = \omega t + \beta$ et $\alpha' = \omega' t + \beta'$, β et β' étant les angles α et α' pour $t = 0$, et différencions par rapport à t , nous aurons :

$$\begin{aligned} \frac{dV_y}{dt} &= r\omega' \left[-\cos \alpha \sin \alpha' \omega' - \sin \alpha \cos \alpha' \omega \right] \\ &\quad - r\omega \left[\sin \alpha \cos \alpha' \omega' + \cos \alpha \sin \alpha' \omega \right]. \end{aligned}$$

Prenons maintenant l'axe des X dans le plan ABCD. (fig. 4), ce qui revient à dire que nous avons choisi le plan XZ de telle façon que le cercle ABCD passe par ce plan à l'instant considéré ; dans ce cas $\alpha' = 0$ et notre valeur ci-dessus devient :

$$\frac{dV_y}{dt} = - 2 r \omega \omega' \sin \alpha$$

la réaction ρ sera donc :

$$\rho = 2 dm r \omega \omega' \sin \alpha.$$

Le couple infiniment petit, que nous appellerons dc , engendré par cette force ρ , sera ρz , mais comme $z = r \sin \alpha$, nous pourrons écrire :

$$dc = 2 dm r^2 \omega \omega' \sin^2 \alpha.$$

Au lieu d'un seul mobile de masse dm , considérons maintenant un anneau matériel ABCD et appelons μ sa masse par unité de longueur ; dm sera $\mu r da$ et

$$dc = 2 \mu r^3 \omega \omega' \sin^2 \alpha da.$$

Pour la moitié supérieure de l'anneau, le couple des forces ρ sera $2 \mu r^3 \omega \omega' \int_0^\pi \sin^2 \alpha da$, pour l'anneau entier,

le couple, que nous appellerons c , sera le double,

soit :
$$c = 4 \mu r^3 \omega \omega' \int_0^\pi \sin^2 \alpha da$$

mais
$$\int \sin^2 \alpha da = -\frac{1}{4} \sin 2\alpha + \frac{\alpha}{2},$$

dont :

$$\int_0^\pi \sin^2 \alpha \, d\alpha = \frac{\pi}{2} \quad \text{et par conséquent}$$

$$c = 2\pi r \mu r^2 \omega \omega'.$$

Si nous appelons m la masse totale de l'anneau, cette masse ne sera pas autre chose que $2\pi r \mu$, donc

$$c = mr^2 \omega \omega'$$

Passons maintenant de l'anneau au disque matériel et appelons C le couple engendré par le double mouvement. Ce couple C sera la somme de tous les couples c produits par les anneaux élémentaires dont se compose le disque, par conséquent :

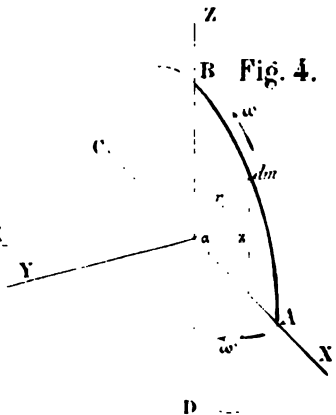
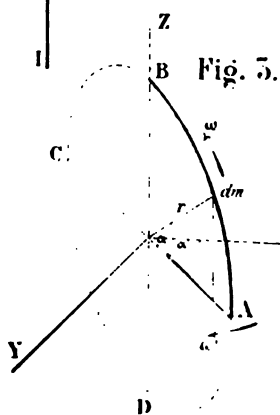
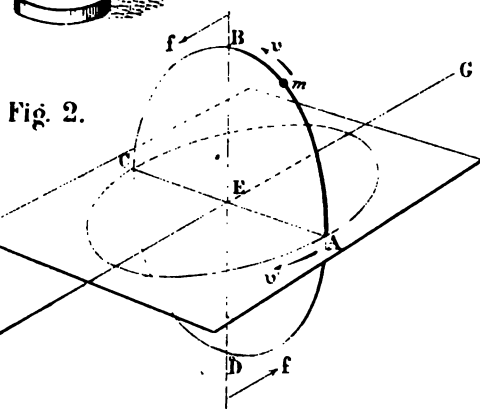
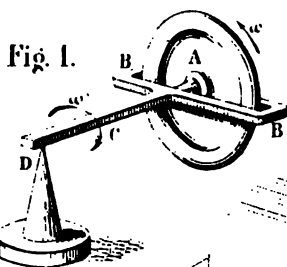
$$C = \omega \omega' \sum (mr^2).$$

Cette expression $\sum (mr^2)$ n'est autre chose que ce qu'on appelle en mécanique le *moment d'inertie* du disque, expression qu'on note habituellement par I ; l'expression précédente devient donc

$$C = I \omega \omega'$$

Lorsque l'appareil est en mouvement et se maintient dans la position horizontale, le couple C est égal et fait justement équilibre au couple produit par la pesanteur de l'appareil, dont tout le poids se trouve ainsi reporté sur la pointe D . Pour un même gyroscope, la valeur de I est constante, le couple de renversement de la pesanteur C l'est aussi, donc, pour qu'il y ait équilibre il faut que le produit $\omega \omega'$ des deux vitesses angulaires atteigne une certaine valeur, constante pour un même appareil

$$\omega \omega' = \frac{C}{I}.$$



1

2

3

Voilà la formule fort simple à laquelle on arrive. Elle nous montre, entr'autres, que plus le disque tourne vite, plus le mouvement horizontal de l'appareil est lent ; c'est ce que la simple observation d'un gyroscope en mouvement prouve du reste aussi, car lorsque par l'effet du frottement la rotation du disque se ralentit, le mouvement horizontal autour de la pointe s'accélère ; cette accélération est produite par des chutes successives de l'appareil, qui se prolongent jusqu'à ce qu'enfin il tombe tout à fait.



NOTICE SUR LE NOUVEL OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE

établi dans la propriété de l'Asile des aveugles
à Lausanne.



M. le professeur Louis Dufour a déjà donné, dans la séance du 7 mai 1873, quelques renseignements sur cet observatoire. Il est bon que le Bulletin de la Société contienne, relativement à cet établissement, des détails qui rappellent son origine et son installation ; c'est l'objet de cette notice.

Par suite d'un changement de domicile, M. Marguet a été obligé, en juin 1872, d'interrompre la série d'observations qu'il a faites personnellement chez lui pendant une quinzaine d'années et dont les résumés mensuels et annuels figuraient dans les Bulletins de la Société. Celle-ci ayant reçu l'avis de ~~cette~~ interruption, a jugé qu'il était utile de pourvoir à l'organisation d'un service d'observations météorologiques sur des bases stables et en parfaite conformité avec celles qui existent dans les stations fédérales de météorologie. Elle a nommé dans ce but une commission composée de MM. Fritz Burnier, Louis Dufour et Jules Marguet, tous les trois membres de la Société vaudoise des sciences naturelles. Après bien des recherches infructueuses portant soit sur la personne d'un observateur, soit sur l'emplacement du futur observatoire, cette commission a fixé son choix sur l'Asile des aveugles. Le lieu ne présente pas tous les avantages que l'on

désire trouver dans une bonne station, mais il offre toutes les garanties de stabilité et de continuité qui font la valeur des observations. Le consciencieux et dévoué directeur de l'Asile, M. Hirzel, est l'homme qui convient par excellence au travail régulier, assujettissant et scrupuleux auquel sont astreints les météorologistes. Le Comité de l'Asile ayant donné son consentement à l'installation de la station, la commission s'est occupée des voies et moyens d'exécution.

M. Louis Dufour a fait venir des ateliers Hermann et Pfister, à Berne, les thermomètres et le baromètre à mercure ; M. Fritz Burnier a fait construire l'udomètre et a fourni la girouette ; M. Jules Marguet a eu le soin de la pose de la cage des thermomètres et de la table du baromètre.

Position des instruments.

Le baromètre a été placé, pour la commodité des observations, dans le cabinet du directeur, au rez-de-chaussée ; M. Louis Dufour a introduit lui-même le tube à mercure dans la cuvette du baromètre et l'opération a pleinement réussi, de sorte que le baromètre peut être considéré comme normal. La cage des thermomètres, en tout semblable à celle des stations fédérales, a été fixée sur le petit fronton qui surmonte la porte d'entrée de l'Asile sur la façade NE du bâtiment, de telle sorte qu'on puisse lire leurs échelles d'une fenêtre située au-dessus de cette porte et s'ouvrant sur le palier de l'étage. Cette façade recevant les rayons du soleil pendant la majeure partie de l'année, une seconde enveloppe en zinc a été adaptée à la cage pour soustraire autant que possible les thermo-

mètres au réchauffement solaire. Les thermomètres forment un psychromètre pour donner l'humidité relative de l'air ; ils sont, ainsi que le baromètre et la girouette, exactement les mêmes que dans les autres stations.

La latitude et la longitude sont sensiblement les mêmes que celles de la cathédrale de Lausanne, savoir :

| | |
|------------------------|----------------|
| Latitude Nord . . . | 46°.31'.23'',1 |
| Longitude Est de Paris | 4°.17'.56'',6 |

Le temps moyen de Lausanne retarde :

| | |
|------------------------------|-----------|
| | min. sec. |
| sur Berne de | 3, 7 |
| sur Zurich de | 7,39 |
| sur Neuchâtel (observatoire) | 1,16 |

Il avance :

| | |
|-------------------------|-----------|
| | min. sec. |
| sur Paris de | 17,12 |
| sur Genève de | 1,56 |

Les deux façades principales du bâtiment sont dirigées à peu près du SE au NO.

La girouette et l'udomètre sont près du mur qui limite la propriété au SE.

Altitudes.

Un nivellement exécuté par MM. Hirzel fils et J. Marguet entre les positions occupées par les instruments et un repère du nivellement fédéral situé place Chauderon, et vérifié par un nivellement de M. l'ingénieur Jacquemin, a donné les résultats suivants :

4 SEP. OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE. BULL. 421

| HAUTEUR AU-DESSUS DES REPÈRES. | BAROMÈTRE | THERMOMÈTRES |
|---|---------------------|-------------------|
| | COUVETTE.
mètres | BOULES.
mètres |
| Pierre à Niton. (Rep. fédéral) . . | 133,35 | 136,97 |
| Niveau moyen du lac Léman d'a-
près les derniers travaux. . . | 135,04 | 138,66 |
| Niveau moyen de la mer Méditer-
ranée (port de Marseille). . . | 507,40 | 511,02 |
| Atlantique, niveau moyen dans 19
ports français | 506,60 | 510,22 |
| L'udomètre est à 1 ^m environ au-dessous du baromètre. | | |

Moyennes de la station pour le baromètre et le thermomètre.

Température.

Cette température moyenne pour chaque mois et pour l'année peut se déduire des nombres obtenus à Genève pendant la période de 1826 à 1860 en tenant compte de la différence de niveau (105,62^m) des deux stations et négligeant les influences locales qui se montreront dans une longue suite d'observations faites à l'Asile. MM. Gay-Lussac et Flammarion ont trouvé dans des ascensions aérostatiques, le premier 188^m,5, le second 189^m pour la hauteur qui correspond à un abaissement de température de un degré centigrade ; M. Dollfuss-Ausset, dans un ouvrage intitulé : *Matériaux pour l'histoire des glaciers*, donne pour chaque mois la hauteur dont il faut s'élever pour que la température moyenne s'abaisse de un degré, et la moyenne hauteur est 190^m. Adoptant les chiffres de ce dernier auteur et ceux donnés par M. E. Plantamour dans son livre du climat de Genève, page 30, on trouve les moyennes indiquées ci-après :

Asile des Aveugles. Altitude $511^m02 - 405,40 = 105,62$
au-dessus de l'Observatoire de Genève.

Tableau des abaisséments de température, par rapport à
Genève, des différents mois.

| | | | |
|-----------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| Décembre | $\frac{105,62}{280} = 0,38$ | Juin . . . | $\frac{105,62}{163} = 0,65$ |
| Janvier . | $\frac{105,62}{225} = 0,47$ | Juillet . . | $\frac{105,62}{160} = 0,66$ |
| Février . | $\frac{105,62}{205} = 0,52$ | Août . . . | $\frac{105,62}{160} = 0,66$ |
| Mars . . | $\frac{105,62}{181} = 0,58$ | Septembre | $\frac{105,62}{163} = 0,65$ |
| Avril . . | $\frac{105,62}{169} = 0,62$ | Octobre . | $\frac{105,62}{201} = 0,53$ |
| Mai . . . | $\frac{105,62}{169} = 0,62$ | Novembre | $\frac{105,62}{214} = 0,49$ |

Température moyenne pendant la période 1826 à 1860.

| | | | |
|-------------|--------------------------|--------------|-------|
| Décemb. + | $0,86 - 0,38 = + 0,48$ | } Hiver. . + | 0,16 |
| Janvier — | $0,34 - 0,47 = - 0,81$ | | |
| Février + | $1,32 - 0,52 = + 0,80$ | | |
| Mars . . + | $4,48 - 0,58 = + 3,90$ | } Print. . + | 8,05 |
| Avril . . + | $8,61 - 0,62 = + 7,99$ | | |
| Mai . . + | $12,88 - 0,62 = + 12,26$ | | |
| Juin . . + | $16,78 - 0,65 = + 16,13$ | } Eté . . + | 17,05 |
| Juillet . + | $18,53 - 0,66 = + 17,87$ | | |
| Août . . + | $17,80 - 0,66 = + 17,14$ | | |
| Septemb. + | $14,29 - 0,65 = + 13,64$ | } Autom. + | 8,96 |
| Octobre + | $9,81 - 0,53 = + 9,28$ | | |
| Novemb. + | $4,45 - 0,49 = + 3,96$ | | |

Année = 8,55

Asile — Observatoire de Genève = $8,55 - 9,16 = - 0,61$

En tenant compte des années écoulées depuis 1860 jusqu'à 1872, M. Louis Dufour a trouvé pour Genève une température moyenne de 9^d,33 dans la période 1826-1872, et 8^d,7 pour la température moyenne de l'Asile, dans la supposition qu'une différence d'altitude de 175^m correspond à une diminution de *un* degré. (Communication du 7 mai 1873.)

Pression de l'air.

La pression moyenne de l'air peut aussi se déduire de celle de Genève en diminuant les nombres donnés par M. E. Plantamour, page 102, de la différence entre la hauteur barométrique moyenne calculée par la formule de Babinet, résolue par rapport à *b*, et la hauteur moyenne de Genève.

$$b = \frac{B [16000 + 32 (T + t) - h]}{16000 + 32 (T + t) + h}$$

En y faisant $B = 726^{\text{mm}},46$ (page 103), $T = 9,16$, $t = 8,55$, $h = 102^{\text{mm}}$, on trouve $b = 717^{\text{mm}},57$. Ainsi le baromètre se tient plus bas à l'Asile qu'à Genève de 8^{mm},89.

Hauteur moyenne du baromètre. (*)

Période 1836 - 1860.

| | | |
|-------------|------------------------|------------------|
| Décembre . | 727,92 — 8,89 = 719,03 | } Hiver . 718,16 |
| Janvier . . | 727,21 — 8,89 = 718,32 | |
| Février . . | 726,02 — 8,89 = 717,13 | |

(*) Pour avoir exactement la hauteur moyenne barométrique de chaque mois, il faudrait calculer par la formule ci-dessus, la valeur de *b* correspondant à chaque valeur nouvelle de *B*, de *T* et de *t*. On a pris les nombres moyens pour avoir une première approximation. Ce calcul se fera plus tard. J. M.

| | | |
|-----------------|------------------------|-------------------|
| Mars | 725,77 — 8,89 = 716,88 | } Print. . 715,93 |
| Avril | 723,85 — 8,89 = 714,96 | |
| Mai | 724,84 — 8,89 = 715,95 | |
| Juin | 727,07 — 8,89 = 718,18 | } Eté . . 718,57 |
| Juillet | 727,70 — 8,89 = 718,81 | |
| Août | 727,62 — 8,89 = 718,73 | |
| Septembre . . | 727,29 — 8,89 = 718,40 | } Autom. 717,61 |
| Octobre . . . | 726,54 — 8,89 = 717,65 | |
| Novembre . . | 725,67 — 8,89 = 716,78 | |
| <hr/> | | |
| Année | 726,46 — 8,89 = 717,57 | |

M. Louis Dufour (communication du 7 mai 1873) en prenant d'après Genève la moyenne pour la période 1836-1872, s'élevant à 726^{mm},62 a trouvé que la pression moyenne à l'Asile pendant la même période est de 717^{mm},71 ; ce qui fait une différence entre l'Asile et l'Observatoire à Genève de 8^{mm},91. Il en résulte que la pression barométrique moyenne de l'Asile ramenée au niveau de la mer serait 762^{mm},8. Ce nombre paraît un peu fort.

Une différence de 102^m amenant un abaissement barométrique de 8,89 millimètres, on en déduit :

pour 1^m ^{mm}0,087156
pour 1^{mm} de différence barométrique . . 11^m,47

La pression barométrique moyenne de l'Asile réduite au niveau de la mer serait donc :

$$717,57 + 507,40 \times 0,087156 = 44^{mm}, 22 + 717,57$$

soit 761,79.

Ce résultat s'accorde avec les hauteurs moyennes du baromètre à zéro et au niveau de la mer, selon les latitudes, données par Kæmtz. En effet on a :

8 SÉP. OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE. BULL. 425

pour Padoue, latitude 45° 762,18

pour Paris, latitude 49° 761,41

Les observations se font régulièrement depuis le 1^{er} avril 1873, à 7 heures du matin, à 1 heure et à 9 heures du soir.

Le tableau ci-dessous résume les six premiers mois.

| MOIS. 1873 | Tempé-
rature. | Pression
de l'air. | Humi-
dité
relative | Ciel
moyen.
du ciel. | Vent
do-
minant. | Hauteur
d'eau
tombée | Nombre
de jours
de
chute
d'eau. |
|-------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---|
| | | | % | | | | |
| Avril . . . | 8,1 | 713,8 | 73 | 7 | NE | 63,1 | 18 |
| Mai | 12,4 | 716,7 | 65 | 7 | NE | 84,9 | 18 |
| Juin. . . . | 17,2 | 717,9 | 68 | 6 | NE | 63,9 | 12 |
| Juillet . . | 21,5 | 719,3 | 65 | 4 | NE | 84,7 | 12 |
| Août . . . | 20,3 | 719,6 | 63 | 5 | NE | 55,0 | 10 |
| Septembre | 14,6 | 719,1 | 76 | 6 | SO | 65,0 | 12 |

NB. 10 indique un ciel entièrement couvert

0 » » parfaitement pur.

Le représentant de la Société auprès de l'observatoire :

Jules MARGUET.

**Addition à la notice sur l'Observatoire météorologique
établi à l'Asile des Aveugles.**

En tenant compte des nombres donnés par M. Dollfus-Ausset pour le décroissement de la température avec l'altitude, dans les différents mois, et de la température moyenne de Genève ; de la pression barométrique moyenne de la même ville, et en effectuant pour chaque mois, à l'aide de la formule de Babinet, le calcul des hauteurs barométriques ; la différence d'altitude des thermomètres étant de 105^m,62 et celle des baromètres 102^m, j'ai calculé de nouveau les deux tableaux ci-dessous pour la même période de 25 ans comptée de 1836 à 1860.

*Température moyenne des différents mois
pour la période de 1836-1860.*

| | Genève. | Asile. | Différence. |
|-----------|---------|--------|-----------------|
| Décembre | + 0,60 | + 0,22 | 0,38 |
| Janvier | — 0,09 | — 0,56 | 0,47 |
| Février | + 1,16 | + 0,64 | 0,52 |
| Mars | 4,04 | 3,46 | 0,58 |
| Avril | 8,30 | 7,68 | 0,62 |
| Mai | 12,40 | 11,78 | 0,62 |
| Juin | 16,68 | 16,03 | 0,65 |
| Juillet | 18,14 | 17,48 | 0,66 |
| Août | 17,54 | 16,88 | 0,66 |
| Septembre | 14,09 | 13,44 | 0,65 |
| Octobre | 9,71 | 9,18 | 0,53 |
| Novembre | 4,51 | 4,02 | 0,49 |
| Année | 8,92 | 8,35 | 0,57 deg. cent. |

Saisons.

| | Genève. | Asile. | Différence. |
|-----------|---------|--------|-------------|
| Hiver | + 0,56 | + 0,10 | 0,46 |
| Printemps | 8,25 | 7,64 | 0,61 |
| Été | 17,45 | 16,79 | 0,66 |
| Automne | 9,44 | 8,88 | 0,56 |

On voit que ces nombres diffèrent sensiblement de ceux donnés, page 422 pour la période 1826-1860.

Hauteur barométrique moyenne

des différents mois pour la période 1836-1860.

| | Genève. | Asile. | Différence. |
|-----------|---------|--------|--------------|
| Décembre | 727,92 | 718,71 | 9,21 |
| Janvier | 727,21 | 717,98 | 9,23 |
| Février | 726,02 | 716,85 | 9,17 |
| Mars | 725,77 | 716,71 | 9,06 |
| Avril | 723,85 | 714,96 | 8,89 |
| Mai | 724,84 | 716,08 | 8,76 |
| Juin | 727,07 | 718,42 | 8,65 |
| Juillet | 727,70 | 719,09 | 8,61 |
| Août | 727,62 | 718,99 | 8,63 |
| Septembre | 727,29 | 718,55 | 8,74 |
| Octobre | 726,54 | 717,67 | 8,87 |
| Novembre | 725,67 | 716,63 | 9,04 |
| Année | 726,46 | 717,55 | 8,91 millim. |

Saisons.

| | Genève. | Asile. | Différence. |
|-----------|---------|--------|-------------|
| Hiver | 727,05 | 717,85 | 9,20 |
| Printemps | 724,83 | 715,92 | 8,91 |
| Été | 727,46 | 718,83 | 8,63 |
| Automne | 726,50 | 717,62 | 8,88 |

Les nombres mensuels diffèrent quelque peu de ceux donnés page 424, mais la moyenne annuelle est presque la même. On retrouve le nombre $8^{\text{mm}},91$ indiqué par M. Louis Dufour pour la différence entre l'Asile et Genève.

Différence de niveau pour une variation de 1^{mm} de pression = $11^{\text{m}},45$ ($11^{\text{m}},4478$).

Variation de pression par mètre d'altitude = $0^{\text{mm}},087353$.

Nombre moyen qu'il faut ajouter pour réduire au niveau de la mer = $44^{\text{mm}},323$.

Hauteur moyenne du baromètre de l'Asile, réduite au niveau de la mer = $761^{\text{mm}},87$.

Jules MARGUET.



Sur un cas de double génération alternante chez la CAMPANULARIA (CLYTIA) VOLUBILIS

PAR

M. G. du Plessis,

professeur de zoologie à l'Académie de Lausanne.

Nous connaissons dans le groupe des campanulaires, deux formes de génération alternante.

La première, très répandue, est nommée *médusipare*, parce qu'en effet ici la campanulaire produit par bourgeonnement de jeunes *méduses*.

La seconde, si rare, qu'on ne la connaît que sur une seule espèce (la *Laomeda geniculata*) est nommée *larvipare* attendu qu'ici se forment dans des capsules génitales, non plus des *méduses*, mais bien des *larves*, qui ont l'allure d'*infusoires* et se nomment *planula*.

Jusque là, rien que de très connu et nous avons nous même donné précédemment dans le Bulletin l'observation complète de la génération alternante *médusipare* suivie d'un bout à l'autre sur la même *Clytia volubilis*, qui fait l'objet de cette notice.

Nous avons vu et revu les colonies de cette campanulaire (espèce très commune et très caractéristique dont la détermination ne peut laisser le moindre doute) se couvrir en hiver de capsules génitales en forme de gobelet. Dans l'intérieur de ces *gonophores* se formaient par bour-

geonnements successifs de leur axe, plusieurs petites méduses de la famille des *océanides*. Elles sortaient l'une après l'autre de chaque capsule, prenaient de la nourriture et de l'accroissement, développaient au bout de quelque temps des organes sexuels et produisaient plus tard des œufs qui, fécondés, donnaient issue à des larves ciliées. Ces dernières ayant nagé quelque temps sous forme d'*infusoire*, se fixaient sur la paroi des flacons et poussant des tentacules, devenaient de nouveau une *Clytia*. Tout cela est entièrement conforme à des faits précédemment observés sur plusieurs autres hydro-méduses. Seulement il est rare de pouvoir suivre toute la série de ces phénomènes, sur une seule et même espèce aussi bien que nous l'avons pu voir sur la *Clytia volubilis*.

Mais si tout cela nous est maintenant assez bien connu, voici qui l'est beaucoup moins et qui (sauf erreur de notre part) nous paraît un fait *entièrement nouveau* dans l'histoire déjà si surprenante des hydroméduses. Ce fait concerne encore la *Clytia volubilis*.

Cette espèce que nous connaissons très bien pour l'avoir étudiée, pendant deux hivers, nous l'avons observée de nouveau en été.

Alors nous avons découvert non sans étonnement que cette même campanulaire qui se multipliait *en hiver* par génération *médusipare* se reproduit *en été* par génération *larvipare*, de sorte que l'on assiste au singulier spectacle de *deux générations alternantes*, qui alternent elles-mêmes d'une saison à l'autre.

La génération alternante larvipare semble en effet n'avoir lieu que dans la saison chaude au moins ne l'avons nous pas vue pendant deux hivers et l'avons nous observée pendant deux étés, savoir dans les mois d'août et sep-

tembre. Or voici ce que nous avons constaté alors et ce que nous invitons expressément les zoologistes compétents à confirmer, *s'il y a lieu*.

Sur les colonies si reconnaissables de notre Clytia s'élevaient comme en hiver des urnes en forme de verre à pied. Elles sont entièrement de même taille et forme que celles d'hiver. C'est ce qu'on connaît depuis longtemps sous les noms d'*ovicelles*, de *gonophores*, de *capsules génitales*, etc. On peut et on doit maintenant les considérer comme autant de *polypes modifiés* en vue de la reproduction *sexuelle*. Dans ces *gonophores*, la chair de l'animal s'étend d'un bout à l'autre de la capsule sous forme d'*axe*, sur lequel naissent *en hiver* ces bourgeons, qui se transforment en méduses et se détachent plus tard. Mais en été nous avons vu cet *axe*, se métamorphoser en deux produits très différents selon les colonies *mâles* ou *femelles*. Sur les premières les *capsules génitales* avaient pris un aspect laiteux dû à des myriades de zoospermes capillaires, formés aux dépens des cellules de l'*axe*. Le moindre ébranlement, le moindre choc faisait sortir des capsules les plus mûres des flots blanchâtres qui coloraient l'eau et la remplissait d'éléments fécondants, très vifs.

Sur les colonies *femelles* on remarquait au contraire des capsules *foncées* et déjà à l'œil nu paraissant granuleuses. A la loupe, elles semblaient remplies de perles ou de grains de plomb. Au microscope ces perles se montraient comme des œufs plus ou moins avancés dans leur développement. Les uns étaient segmentés et arrivés à la période *mûriforme*, d'autres étaient déjà transformés en larves ciliées, d'autres enfin étaient éclos et l'on voyait les larves ramper ça et là dans l'urne comme pour en chercher l'issue. Quelques-unes en effet étaient moitié de-

hors moitié dedans. D'autres nageaient librement dans l'aquarium. *Toutes* étaient semblables pour la taille et la forme à celles qui sortaient en hiver des petites méduses, aucun doute n'était possible à cet égard et ces *planules* devaient après s'être fixées quelque part reproduire la *Clytia volubilis*, comme on sait que cela arrive dans la génération larvipare de la *Laomeda geniculata*. Ceci se passait en septembre, mais à la fin du mois nous dûmes repartir sans avoir pu observer la dernière phase du phénomène, savoir la transformation de ces jeunes larves en *Clytia*.

Toutefois, d'après les faits acquis précédemment cette transformation n'est pas douteuse et doit s'opérer comme chez les autres espèces qui sont dans le même cas. Il est probable que la fécondation des œufs se fait déjà dans les capsules, par l'eau de la mer qui peut y pénétrer à l'aide de l'ouverture supérieure qui existe dans le couvercle des gonophores et que nous avons démontrée dans notre premier travail. Comme les colonies mâles et femelles croissent ensemble, par touffes serrées, l'eau se remplit de zoospermes qui grâce à leurs mouvements se répandent partout et vont féconder les gonophores femelles. Le résultat de cette fécondation est l'éclosion des larves. Chacune de celles-ci se fixant donne, probablement en octobre, naissance à autant de *Clytia*, qui isolées d'abord, forment par génération asexuelle une colonie arborescente ou rampante.

Celle-ci alors développe dès le mois de novembre (comme nous le savons par notre premier travail) d'autres gonophores où se développent tout l'hiver de petites méduses, mâles ou femelles suivant le sexe de la colonie d'où elles sortent.

Ainsi il reste établi (sauf erreur de notre part) que chez la *Clytia* il existe deux sortes de gonophores (en apparence semblables et ne différant que par leurs produits), savoir ceux d'hiver *médusipares* et ceux d'été *larvipares*.

Ces derniers ne sont autre chose que des *testicules* ou des *ovaires fixes*. Les premiers au contraire sont les mêmes *organes* mais *ambulants portés par des méduses libres*.

Les faits que nous venons de décrire si brièvement auront (s'ils sont confirmés par d'autres observateurs) une *très grande importance* au point de vue de la physiologie et de la classification des hydroméduses.

En effet jusqu'ici on avait toujours séparé dans les traités spéciaux ou généraux, les hydraires en deux groupes. Le premier renfermait toutes les espèces à génération alternante médusipare, et alors rentrait complètement dans la classe des méduses dont il n'était plus qu'une phase. Le second était censé renfermer les hydraires purs, à génération *larvipare*, et, par conséquent, ne se transformant pas en méduses, tels que les *hydres* d'eau douce et surtout toutes les *sertulaires*.

Cette distinction paraissait dans le temps parfaitement justifiée, mais déjà certains faits récents l'avaient fortement ébranlée et l'observation ci-dessus (si elle est exacte) achève de lui enlever tout crédit.

En effet on a déjà remarqué, soit chez les hydraires nus, soit chez les hydraires à polypier, des genres présentant certaines espèces uniquement *médusipares* à côté d'autres uniquement *larvipares*. Ainsi les deux modes se trouvent côte à côte dans un seul et même genre comme par ex. chez les *Tubulaires*, les *Campanulaires*, les *Eudendriums*, les *Hydractinies*, etc. Mais aujourd'hui nous venons apporter à cet arsenal de preuves un fait décisif.

Non seulement un même genre peut présenter des espèces *larvipares* et *medusipares* mais nous avons dans la *Clytia volubilis* l'exemple jusqu'ici unique, à ce que nous croyons du moins, d'une espèce alternativement *médusi-pare* et *larvipare*. En restant dans les traditions de la classification *orthodoxe* notre campanulaire serait donc dans la classe des méduses *en hiver*, dans celle des hydres *en été*. Rien ne saurait mieux prouver que ce nouveau fait le peu de fondement de toutes nos distinctions arbitraires, barrières que la nature enjambe avec le sans façon qu'on lui connaît.

Au point de vue du *transformisme* cette même observation nous semble intéressante. Elle doit montrer selon nous que de légères influences *saisonnières* peuvent forcer une seule et même espèce à paraître sous des formes assez différentes pour être mises par les classificateurs dans des groupes différents.

Au point de vue physiologique, cette observation concourt à justifier la manière de voir actuelle qui considère les gonophores des hydraires *larvipares*, comme comparables à des méduses, mais à des méduses *dégénérées*, immobiles, privées de bouche et d'organes de nutrition, réduites, en un mot, à porter des testicules ou des ovaires disposés souvent en croix comme chez les méduses libres. L'existence de canaux symétriques traversant le gonophore donne encore bien du poids à cette manière de voir. Donc d'après cela il y aurait toujours deux espèces de capsules génitales dans les hydroméduses, savoir celles à méduses libres, celles à méduses fixes et outre ces deux groupes il y aurait, comme toujours, des types de transition. Témoin l'hydraire nommée *Eleutheria*, qui porte des méduses déjà fixées et ne se détachant jamais, mais

encore bien complètes et semblables en tout aux méduses libres. Tandis qu'un peu plus loin nous n'avons plus que les méduses difformes et qu'enfin encore plus loin chez les hydraires d'eau douce le *gonophore* lui-même, *ce dernier reste de méduse*, disparaît pour faire place à de simples dépôts de zoospermes ou d'œufs se formant sous l'épiderme.

Ainsi, depuis l'hydre d'eau douce jusqu'aux méduses les plus parfaites, un lien insaisissable, celui du transformisme, réunit dans une même trame les modèles en apparence les plus divers, les plus étrangers les uns aux autres. Si l'on joint à ceci les résultats obtenus récemment sur les Siphonophores, on restera convaincu que cet étonnant groupe des hydroméduses peut présenter toutes les combinaisons possibles de la métagenèse et notre observation est une dernière preuve des perpétuelles surprises que la nature tient toujours en réserve pour sortir comme à plaisir des beaux cadres où nous pensons l'enfermer.



NOTE

sur

deux perfectionnements destinés à augmenter la régularité des horloges électriques

par

H. CAUDERAY,

inspect. des télégraphes des chemins de fer de la Suisse Occid., à Lausanne.



On sait que les régulateurs des horloges électriques doivent être remontés tous les jours ou tous les huit jours ; si l'employé chargé de ce soin venait à l'oublier, l'arrêt du régulateur entraînerait nécessairement l'arrêt de toutes les aiguilles des cadrans qu'il met en mouvement.

Pour empêcher complètement cet oubli de se produire, j'ai pensé d'adapter au régulateur un mécanisme au moyen duquel le régulateur annoncerait automatiquement que l'on a oublié de le remonter. Ce mécanisme est très simple et très facile à établir.

Les régulateurs étant ordinairement pourvus d'un poids, il suffit de placer dans le fond de la caisse un levier établi de façon à ce qu'il bascule sous la pression du poids et arrive dans son mouvement en contact avec un ressort assez flexible pour ne pas empêcher le poids de continuer à descendre. (Fig. I, Pl. XVIII.) Au contact du ressort, le levier ferme un circuit électrique dans lequel est intercalée une sonnerie électrique qui tintera continuellement et à volonté 10, 30 ou 60 minutes avant l'arrêt du régulateur.



[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]

•

•

•

•

•

•

Cet appareil peut fonctionner avec la pile qui transmet le mouvement aux cadrans ; cependant si l'on a déjà un système de sonneries électriques dans le bâtiment où se trouve le régulateur, il sera préférable d'utiliser le courant d'une pile indépendante.

Lorsque l'on voulait renouveler partiellement les éléments de la pile motrice des horloges électriques, il était précédemment impossible de le faire sans déranger l'accord qui existe entre le régulateur et les cadrans récepteurs, car la transmission du courant dans trois ou quatre directions prend 15 à 25 secondes par minute, et pendant 35 secondes il n'est pas possible d'enlever un ou deux éléments d'une pile et de les remplacer par un ou deux autres.

Il arrive aussi très fréquemment que les bocaux en verre des piles se fendent et que le liquide s'écoule, ce qui interrompt le circuit et cause l'arrêt des mouvements de tous les cadrans.

Pour remédier à ces inconvénients, j'ai utilisé l'accouplement des éléments en série (voir fig. 2, Pl. XVII) ; deux séries de quatre éléments accouplées par les pôles de même nom fonctionnent indépendamment l'une de l'autre, de façon que l'on peut changer les éléments de l'une des séries d'abord, puis ceux de l'autre ensuite sans interrompre le circuit de la pile qui continue à fonctionner.

Si l'un des verres perd accidentellement son liquide, les éléments de la série intacte continuent à fonctionner.

Ces deux modifications vont être appliquées très prochainement dans deux installations assez importantes d'horloges électriques.



NOTICE GÉOLOGIQUE ET MINÉRALOGIQUE

J.-B. Schnetzler, professeur.

Sur la rive droite de la Sarine, entre Rossinières et Cuve, on a fait sauter le roc pour établir une nouvelle route. Le roc ainsi entamé est formé d'un calcaire dur, à grain fin avec nombreuses Ammonites et Belemnites; il est suivi d'un calcaire siliceux où je n'ai point trouvé de pétrifications. Viennent ensuite des schistes marneux avec de nombreuses coquilles de mollusques bivalves qui se dégagent très facilement de leur gangues. Cette roche marneuse présente des plans suivant lesquels elle se brise très facilement. Dans ces fissures se trouve un charbon friable avec des cristaux de quartz colorés en noir. C'est un véritable quartz enfumé qui paraît s'être formé par voie humide en présence de la matière colorante qui l'entoure. A la surface de la roche marneuse de couleur foncée se trouvent des efflorescences blanches qui ne pénètrent pas dans l'intérieur de la roche. Sous le microscope, cette matière se compose de prismes droits allongés, quadrangulaires, en forme d'aiguilles; ils se dissolvent dans les acides avec effervescence et dégagement d'acide carbonique. Ces cristaux ressemblent d'une manière frappante à ceux que nous avons constatés dans la matière connue sous le nom de lait de la lune (lac lunæ) et qui ne sont autre chose que des cristaux d'arragonite. Les cristaux

qui formaient les efflorescences blanches de Rossinières étaient entremêlés de filaments ramifiés, d'origine végétale qui paraissaient formés des débris de radicelles des plantes voisines et de mycelium de champignons. Dans la matière calcaire de la Grotte-aux-Fées près de Vallorbe, nous avons déjà constaté la présence d'une matière organique amorphe et différenciée en cellules, entremêlée avec un véritable feutre de cristaux d'arragonite. Lorsqu'on examine la structure microscopique des polypiers calcaires, la matière calcaire secrétée par le polype présente la structure de l'arragonite.

On peut se demander naturellement s'il y a quelque rapport entre la forme cristalline que présente nos cristaux calcaires et la présence d'une matière organique vivante. Les cellules que nous avons observées dans le lait de la lune de la Grotte-aux-Fées étaient dépourvues de chlorophylle, elles appartenaient probablement à des champignons ou à des Algues microscopiques. Les organismes végétaux qui se trouvent entremêlés avec les cristaux calcaires de Rossinières n'avaient pas trace de chlorophylle. Ils exhalaient donc pendant leur vie de l'acide carbonique qui saturait l'eau qui suintait à la surface calcaire. Cette eau dissolvait le carbonate de calcium de la roche calcaire et ce carbonate en cristallisant dans une solution saturée, prenait la forme des prismes d'arragonite. La matière qui compose ces prismes paraît avoir passé dans la matière organique vivante de laquelle elle s'est ensuite séparée par une sorte de sécrétion.

NOTICE SUR LA FÉCONDATION DES TRITONS

par

J.-B. Schnetzler, professeur.

Une femelle de Triton alpestris prise dans un bassin de fontaine, dans les pâturages des Avents, fut isolée dans un petit aquarium. Au bout de trois semaines elle pondit des œufs d'où il sortit des larves qui parcoururent toutes les phases de leur développement. Dans ce cas il y avait eu fécondation intérieure ou parthénogénèse.

Il règne jusque dans ces derniers temps une certaine obscurité sur la fécondation des Tritons. On admettait généralement que la liqueur fécondante du mâle répandue dans l'eau, servait à féconder les œufs après leur ponte. Dans l'ouvrage de Darwin « The descent of man, » publié en 1871, l'auteur dit que les œufs des Tritons sont fécondés pendant l'acte de la ponte, et le même fait se trouve reproduit dans la traduction allemande faite par Victor Carus.

M. Fatio, dans sa faune des vertébrés suisses, ajoute cependant « que non-seulement l'eau sert de véhicule comme l'avait supposé Duméril, pour conduire la semence jusqu'aux œufs pondus, mais encore cette fécondation doit avoir fort souvent lieu dans l'intérieur même du corps du Triton, ainsi que le ferait croire la découverte de zoospermes dans l'oviducte de quelques femelles et l'émission d'œufs fécondés par des femelles capturées et séparées du mâle. »

Comme le cas que j'ai observé rentre précisément dans cette dernière catégorie, il ajoute donc un fait de plus à la démonstration d'une fécondation intérieure. Pour m'assurer de la pénétration du sperme jusque dans l'oviducte, j'examinai attentivement ce qui se passait dans un aquarium où il y avait plusieurs mâles et femelles de Triton. Je pus constater facilement les mouvements vibratoires de la queue des mâles, leur rapprochement des femelles, l'émission du sperme, faits décrits déjà en 1823 par Rusconi. J'examinais ensuite l'entrée des organes génitaux des femelles, en y appliquant délicatement un fin pinceau. Je pus constater sous le microscope qu'un certain nombre de zoospermes avait pénétré dans cette entrée. Le mouvement ondulatoire exécuté par la membrane, au bord ondulé qui longe leur corps leur facilite un trajet encore accéléré par les battements rapides de la queue du mâle. En poussant plus loin mes investigations, j'ai pu constater des zoospermes dans l'oviduite en contact avec les œufs, fait déjà constaté par Leydig.



1

1

.

.

PROCÈS - VERBAUX.



SÉANCE DU 16 AVRIL 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Après la lecture du procès verbal, M. le Président donne la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance et qui déposent sur le bureau.

M. le Prof^r F. FOREL expose les résultats des expériences qu'il a faites sur lui-même, dans l'été de 1872, pour étudier les conditions de développement de la chaleur animale pendant l'ascension des montagnes. Il est arrivé, par une série d'expériences nombreuses et instituées avec le plus grand soin, à des conclusions complètement opposées à celles émises sur le même sujet par MM. Lortet et Marcet.

En premier lieu, M. Forel admet que toujours et partout l'acte de l'ascension détermine une élévation de la température humaine. Cette élévation a atteint une valeur ~~statistique~~ de 1°,80 ; la température la plus élevée a été

2° La fatigue musculaire n'a pas eu d'influence sensible sur l'élévation de la température. Même après des fatigues extrêmes, le corps humain est encore capable d'élever sa température propre par le mouvement gymnastique.

3° L'abstinence totale prolongée pendant plus de 24 heures n'a pas influencé l'élévation de température due à ces mouvements gymnastiques.

A propos de cette communication, M. le Doct^r DUBOUX lit quelques fragments d'un travail qu'il a présenté dernièrement à la Société vaudoise de médecine et dans lequel il est arrivé, au moyen de déductions purement théoriques, à des résultats que les expériences de M. Forel corroborent parfaitement.

M. le Prof^r L. DUFOUR rappelle que Haidenhain, dans une expérience connue, a observé une production de chaleur de moins en moins considérable à mesure que le mouvement musculaire se prolongeait.

M. le Dr DUBOUX ne pense pas qu'une observation isolée, et pratiquée comme celle d'Haidenhain sur des muscles isolés du tronc, puisse infirmer le résultat des expériences de M. Forel.

M. VIONNET présente à la Société un fragment de lave provenant de la dernière éruption du Vésuve.

M. Vionnet annonce que des fouilles faites près de Buchillon ont mis à découvert des meules romaines en granit; des excavations circulaires observées sur plusieurs blocs erratiques du voisinage immédiat ne laissent aucun doute sur la provenance de ces meules. On a également trouvé dans ces fouilles un peson en terre cuite et quelques petites coquilles marines.

M. SCHNETZLER, Prof^r, rappelle que le Musée de Vevey possède des meules en granit de Monthey et des pesons romains trouvés, il y a quelques années, près de l'église St-Martin.

M. le Prof^r L. DUFOUR entretient l'assemblée de quelques observations qu'il a faites relativement à l'application de la loi du refroidissement de Dulong et Petit. (Voir aux mémoires du n^o 69.)

M. F. FOREL, Prof^r, justifie expérimentalement le procédé de mensuration de la température des couches profondes du lac proposé par lui en 1870. Ce procédé consiste à prendre directement la température du limon recueilli en draguant le fond du lac. Une dizaine de sondages faits à Villeneuve, du 10 au 16 avril 1873, à 75^m de fond, lui ont donné une température constante de 6^o,1, à un dixième près.

SÉANCE DU 7 MAI 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire: M. le D^r LARGUIER.

Après la lecture des procès-verbaux, qui sont adoptés, M. le président donne la liste des ouvrages déposés sur le bureau. Il communique ensuite une lettre faisant part à la Société de la mort de l'abbé Zantedeschi, prof. à Padoue. Il est également donné lecture d'une invitation de la Société des sciences naturelles de Sienne, pour sa fête annuelle.

M. le prof. L. DUFOUR rend compte des travaux de la commission nommée pour établir à Lausanne un observatoire météorologique. Celui-ci est installé, depuis 6 semaines, à l'Asile des aveugles et possède actuellement un baromètre, deux thermomètres (sec et mouillé) placés sur la façade N-E, un pluviomètre au S-O, enfin une girouette indiquant la direction et la force du vent.

Les observations, faites chaque jour par M. Hirzel, ont commencé le 1^{er} avril et seront régulièrement communiquées au bureau central de Zurich.

M. Dufour, au nom de la commission dont il fait partie, fait les deux propositions suivantes :

1^o La mission de la commission d'installation est terminée.

2^o La Société désignera un de ses membre pour rester chargé de la surveillance générale de tout ce qui se rattache à la station météorologique de Lausanne.

Ces deux propositions sont adoptées. M. le professeur J. MARGUET est chargé de la surveillance et de la direction de l'observatoire météorologique.

Cette question amène M. Dufour à communiquer les calculs et les comparaisons suivantes :

« La station voisine de Genève (Observatoire) nous fournit des données météorologiques déduites d'un grand nombre d'années d'observations et qui permettent de calculer, avec une approximation assez avancée, la pression et la température moyennes probables de notre station lausannoise.

» On a pour Genève, d'après les publications et les résumés météorologiques de M. Plantamour :

Altitude 405^m,4.

Pression moyenne. . . 726^{mm},62 (d'après 35 ans.)

Température moyenne . . 9^o,33 (d'après 45 ans.)

» Le nivellement opéré par les soins de M. le Prof^r Marguet, à partir d'un des repères fédéraux, a fourni pour hauteur de la station de Lausanne 507^m,41.

» La différence d'altitude entre les stations de Genève et de Lausanne est donc de 102^m.

» En admettant une variation moyenne de température, dans nos régions, de 1^o pour 170^m, on trouve comme température moyenne pour Lausanne, 8^o,73.

« La couche d'air comprise entre Genève et Lausanne a une épaisseur de 102^m. Si l'on suppose à cette couche une température de 9^o,00 et une pression de 722^{mm} (valeurs moyennes), si l'on suppose en outre une fraction d'humidité de 0,75 (valeur moyenne admissible d'après les observations de Genève), on trouve facilement que le poids de cette couche équivaut à 8^{mm},91 de mercure, soit 1^{mm} de mercure pour 11^m,44 d'air. Il suit de là que la pression barométrique moyenne à l'Asile des aveugles sera : 726^{mm},62 — 8^{mm},91 = 717^{mm},71.

» En recherchant cette pression d'après la formule barométrique de Laplace, Genève étant considérée comme station inférieure, on trouve le chiffre de 717^{mm},70, presque identique au précédent.

» En utilisant les formules proposées par M. F. Burnier (voir *Bull. de la Soc. vaud.* n^o 62, p. 199), on trouve 717^{mm},67 ou 717^{mm},75 suivant qu'on utilise la formule logarithmique ou la formule empirique.

» On peut donc admettre 717^{mm},7 comme exprimant d'une manière fort approchée la pression moyenne à l'Asile des aveugles.

» La réduction au niveau de la mer est forcément entachée de quelque incertitude parce que la température moyenne de la couche d'air entre Genève ou Lausanne et le niveau de l'Océan n'est pas susceptible d'être connu avec précision.

» Si l'on suppose la couche d'air entre Lausanne et le niveau de la mer dans un état hygrométrique moyen de 0,75, si l'on admet $11^{\circ},6$ comme température moyenne à 507^m,4 au-dessous de notre station (valeur déduite de la loi du décroissement avec les hauteurs dans nos contrées), on trouve que la pression au niveau de la mer doit être supérieure à la pression à Lausanne de 45^{mm},11. — En utilisant la formule déjà citée de M. Burnier, laquelle renferme des coefficients déduits de la comparaison entre Genève et le St-Bernard, on trouve 45^{mm},00. Cela revient à dire que, entre Lausanne et le niveau de la mer, le décroissement de la pression est (en moyenne) de 1^{mm} de mercure pour 11^m,26 d'air. — Ces chiffres se rapportent naturellement aux conditions moyennes de température; ils seraient différents si l'on admettait dans le calcul que la couche d'air de 507^m,4 est au-dessus ou au-dessous de sa température moyenne.

» Il suit de là que la pression moyenne à 507^m,4 *au-dessous* de notre station lausannoise (niveau de la mer) serait 762^{mm},82.

» La diminution de pression entre Genève et Lausanne étant en moyenne de 1^{mm} de mercure pour 11^m,44 d'air, il est aisé de calculer quelle est la pression moyenne de l'air en quelques points de cette dernière ville.

On trouve ainsi :

| | ALTITUDE | PRESSION MOYENNE |
|------------------------|---------------------|----------------------|
| Asile des aveugles | 507 ^m ,4 | 717 ^{mm} ,7 |
| Seuil de la Cathédrale | 526,5 | 716,0 |
| Seuil du Casino | 496,2 | 718,2 |
| Hôtel de l'Ours | 535,9 | 715,2 |
| Gare, niveau des rails | 447,5 | 722,9 |

M. CAUDERAY fait lecture d'une première note sur un perfectionnement que l'auteur a apporté aux horloges électriques. (Voir aux Mémoires.)

M. Cauderay lit une seconde note sur le retour des oiseaux de passage :

« On a chez nous l'habitude, surtout à la campagne, d'admettre que les oiseaux de passage possèdent un instinct sûr, qui ne les trompe jamais et que leur retour dans notre pays est l'indice certain de l'arrivée des beaux jours.

» Cette année, cet instinct a été en défaut chez les hirondelles, car les premières sont arrivées les 12 et 13 avril et on se souvient que le 26 avril nous avons eu un refroidissement subit de la température (le thermomètre est descendu de 4° au-dessous de zéro dans la nuit du 26 au 27) et que dès lors nous avons eu un mauvais temps continuel, vent violent, rafales de pluie, neige, gresil et froid persistant.

» On fera donc bien à l'avenir de ne pas attacher trop d'importance à la plus ou moins prompte arrivée des oiseaux de passage comme pronostic du temps. »

M. le docteur JOEL rappelle que Buffon avait déjà fait remarquer combien l'instinct des oiseaux de passage les trompe quelquefois. Les hirondelles, par ex. sont fréquemment trouvées mortes de froid et de faim.

M. EUG. DELESSERT donne quelques détails sur la chute d'un bolide dont il a été témoin le 26 avril à 12 h. 25 du matin. Ce bolide, de couleur blanche, avait la grandeur apparente de la lune au méridien et a traversé l'espace du S-O au N-E, passant sous la grande Ourse au devant de l'étoile polaire, et laissant après lui une trainée lumineuse fort brillante.

M. CURCHOD, forestier, présente un résumé du compte-rendu des observations météorologiques forestières faites de 1869 à 1872 aux trois stations de Berne, Interlaken et Porrentruy. Il existe toujours une différence entre la température des forêts et la moyenne environnante qui est en général plus élevée. Cependant, lorsque cette dernière tombe au-dessous de 0, la température des forêts d'épicéas et de hêtres est plus élevée que la moyenne ; enfin la température est proportionnellement plus basse au niveau du sol, dans les forêts, que dans les champs.

M. GUILLEMIN donne une explication nouvelle des causes des soulèvements géologiques lents. Si l'hypothèse du noyau liquide terrestre est exacte, les coraux, polypiers, etc., peuvent, par l'agrandissement continu de leurs agrégats, augmenter le poids de la surface sur laquelle ils travaillent. Celle-ci venant à s'enfoncer, les parties liquides intérieures transmettent la pression sur un autre point de l'écorce du globe, qui peut s'élever et même s'entr'ouvrir.

SÉANCE DU 21 MAI 1873

(au Cercle de Beau - Séjour).

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

M. le secrétaire étant absent ; le procès-verbal de la séance précédente n'est pas lu.

M. le président fait connaître les ouvrages reçus depuis la dernière séance. On décide l'achat du bel ouvrage de luxe de M. Paul Vionnet, membre de la Société, sur les monuments préhistoriques de la Suisse occidentale et de la Savoie, vol. grand in-4^o, enrichi de nombreuses photographies (art. 35 et 39 du règlement).

Après discussion, la Société décide de choisir Vallorbes pour la séance générale d'été, laquelle aura lieu le 18 juin.

Le Comité est chargé de faire le nécessaire pour les convocations et l'organisation de la réunion.

M. le docteur G. DU PLESSIS lit un mémoire sur la faune du sol du lac Léman près de Villeneuve. (Voir aux mémoires d'un prochain Bulletin.)

M. le docteur AUG. FOREL présente à la Société un curieux squelette de canard à trois pattes, il en fait remarquer les détails anatomiques.

M. A. FOREL fait circuler un grand nombre de nids de fourmis de diverses espèces, vivant dans les arbres ou dans la terre ; ceux-ci sont conservés par un procédé simple de pétrification artificielle au moyen du silicate de potasse.

M. H. RAPIN, ministre, lit une notice sur le prochain passage de la planète Vénus sur le disque du soleil, phénomène qui doit se produire le 9 décembre 1874 et pour lequel on fait partout de grands préparatifs.

M. le prof. RENEVIER fait quelques remarques sur les idées géologiques énoncées dans un ancien ouvrage, imprimé à Zurich en 1752, par Elie Bertrand, membre de l'Académie royale de Prusse, et qui passait, à son époque, pour un savant de haute portée.

SÉANCE EXTRAORDINAIRE DU 26 MAI 1873

(au Musée Industriel).

Présidence de M. CUÉNOUD, vice-président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

L'ordre du jour de cette séance est la discussion des règlements du Bulletin, de la Bibliothèque et de l'administration financière de la Société.

I.

M. le prof. DUFOUR lit le projet de règlement pour le Bulletin proposé par le Comité.

Ce projet est adopté dans son ensemble.

II.

M. MAYOR donne lecture du projet de règlement pour la Bibliothèque proposé par le Comité.

M. FOREL, prof., demande qu'on retranche le mot de *prix* qualifiant les ouvrages qui formeront la bibliothèque de Rumine (art. 1). Adopté.

Le même membre demande, en modification de l'article 7 du projet, que l'acquisition des ouvrages soit décidée non par le Comité, mais par une commission de trois membres nommée à cet effet.

Après une longue discussion à laquelle prennent part MM. Burnier, Vulliet, Fraisse, Wiener, Mayor, Cuénoud, Renevier et Brélaz, la proposition de M. Forel, mise aux voix, n'est pas adoptée.

III.

Le règlement de l'administration financière de la Société, proposé par le Comité, est adopté.

Ces trois règlements seront imprimés et délivrés aux membres de la Société.

SÉANCE DU 4 JUIN 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. W. FRAISSE.

M. le Secrétaire étant absent pour service militaire, il n'est pas fait lecture du dernier procès-verbal.

M. le Président fait connaître les publications reçues depuis la dernière réunion. Elles sont déposées sur le bureau. Conformément à l'art 4 du règlement, M. le docteur DUGUÉ, par lettre du 30 mai contresignée par M. E. Guillemin, demande à être reçu membre de la Société.

M. le prof. FOREL fait connaître le résultat des observations qu'il a faites dans diverses circonstances sur le développement de la chaleur animale à la suite d'un exer-

cice musculaire considérable, tel qu'une ascension de montagne ou un exercice violent d'une certaine durée.

M. BIELER fait connaître quelques particularités d'un parasite du hanneton, strongles à l'état larvaire, trouvés dans le hanneton.

M. H. CAUDERAY communique, au sujet de l'impression que produit sur l'œil le passage subit de l'obscurité à la lumière vive du jour, comme cela arrive au chemin de fer à la sortie de souterrains un peu longs, la note suivante :

« Toutes les personnes qui voyagent en chemin de fer savent qu'au sortir des tunnels les yeux sont fortement impressionnés par la lumière qui pénètre subitement et en abondance dans l'œil par la pupille dilatée pendant le trajet du train dans l'obscurité. Lorsque le soleil brille ou que la neige recouvre le sol, cette transition subite est des plus désagréables.

» J'ai remarqué que si l'on a soin de fermer les yeux avant l'entrée du train dans le tunnel et de les tenir constamment fermés jusqu'après la sortie du train, l'impression douloureuse produite par la lumière est considérablement diminuée.

» Cet effet est probablement causé par un ralentissement de la dilatation de la pupille lorsque l'œil est fermé ou par une image persistante de la lumière sur la rétine qui ne serait alors effacée par aucun autre objet.

» Je ne donne ici que le résultat des observations que j'ai faites personnellement ; quelques personnes qui ont essayé le procédé m'ont dit n'avoir pas observé une différence notable, d'autres ont au contraire affirmé qu'il y en avait une très grande.

» Ces effets doivent varier avec l'intensité de la lumière, avec la longueur des tunnels. Ils seront peut-être différents chez les personnes myopes de ceux observés par les personnes presbytes. »

M. le prof. L. DUFOUR fait quelques remarques sur les illusions d'optique qui sont produites par des objets vus à distance, selon leur position relative.

M. PILET fait lecture partielle d'une lettre de M. le prof. de Candolle, de Genève, adressée à M. Vulliemin, et qui contient diverses observations fort encourageantes pour la Société vaudoise des sciences naturelles.

M. Eug. DELESSERT parle des expériences qu'il a faites au sujet de la curieuse influence du son sur une flamme de lampe à pétrole. Cette flamme baisse sous l'influence des vibrations sonores, produites par certaines notes, et diminue parfois même jusqu'à s'éteindre.

Il répète cette expérience devant l'assemblée, en faisant remarquer que ce n'est qu'une note particulière du piano (le *ré*₃) qui cause ces contractions de la flamme, et que l'extinction de celle-ci n'a lieu que lorsque la lampe est placée à une certaine distance de la corde de l'instrument, en des points parfaitement fixes et que l'on pourrait essayer de déterminer.

M. le prof. FOREL informe les membres de la Société qu'une nouvelle épizootie s'est déclarée cette année sur le poisson du lac et sur la perche en particulier.

M. FOREL annonce qu'il continue ses recherches, d'accord avec M. Duplessis, sur le développement et la nature des petits animaux qui vivent à de grandes profondeurs

dans le limon du lac. Il reviendra sur cet objet dans une prochaine séance.

M. le Président fait connaître quelques détails des arrangements pris pour la réunion de l'assemblée générale à Vallorbes le 18 juin. Une circulaire de convocation sera prochainement adressée à tous les membres de la Société.

SÉANCE GÉNÉRALE ANNUELLE DU 18 JUIN 1873

à Vallorbes.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la séance du 4 juin est lu et adopté.

AFFAIRES ADMINISTRATIVES.

M. Cuénoud, vice-président, caissier sortant de charge, donne le résumé suivant des recettes et des dépenses pour l'année 1872.

Recettes.

| | |
|--|-----------------|
| Solde actif au 31 décembre 1871 . . . | Fr. 5190 22 |
| 275 finances annuelles à 8 fr. | 2200 — |
| 29 finances d'entrée à 5 fr. | 145 — |
| Remboursement pour tirages à part . . . | 329 70 |
| Intérêts perçus | 1735 05 |
| Recettes extraordinaires (don de M. De Rumine) | 74439 70 |
| Bulletins vendus | 142 — |
| Total, fr. | <u>84181 67</u> |

18 JUIN 1873.

457

Dépenses.

| | |
|--|-----------------|
| Bulletin, publication et expédition . . . | Fr. 2869 22 |
| Bibliothèque, loyer, frais et port de livres . . | 183 10 |
| Dépenses d'administration | 230 55 |
| Dépenses diverses | 111 10 |
| Observations météorologiques | 124 85 |
| Solde actif au 31 décembre 1872 | 80662 85 |
| Total, fr. | <u>84181 67</u> |

BILAN ARRÊTÉ AU 31 DÉCEMBRE 1872.

Actif.

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Solde redû par le caissier | 258 95 |
| Par MM. Masson, Chavannes | 78480 — |
| Cédule de la Caisse hypocaire | 1500 — |
| Par l'Union du Crédit | 423 90 |
| | <u>80662 85</u> |

Passif.

| | |
|-------------------|-----------------|
| Capital | 80662 85 |
| | <u>80662 85</u> |

M. PICCARD commissaire général, président de la commission de gestion, lit le rapport de cette commission qui propose :

- 1^o D'approuver les comptes du caissier ;
- 2^o De voter des remerciements à M. Cuénoud, caissier sortant de charge.

M. le président soumet à la ratification de l'assemblée les propositions du comité d'allouer au caissier une pro-

vision du 2 % sur les recettes de la Société et un traitement de 200 fr. au bibliothécaire. — Adopté.

M. FOREL prof. fait, au nom de la commission d'exploration scientifique du Léman, un rapport verbal sur les travaux de l'année écoulée. Le bureau topographique fédéral ayant annoncé son intention de procéder dans le courant de l'année 1873 à des sondages dans le lac Léman, la commission a renvoyé jusqu'à la publication de ce travail l'étude à peu près analogue qu'elle doit faire dans les grandes profondeurs, de manière à ce qu'il n'y ait pas double travail sur le même sujet. La commission continue ses travaux préliminaires sur les sondages à profondeurs moyennes et les sondages de rivage.

M. le prof. Favre, de Genève, a fait dans les mois de novembre et décembre 1872 des sondages de rivage entre Genthod et Genève et relevé une dizaine de profils, soit des cônes d'alluvion des rivières, soit des talus du mont.

MM. Forel et du Plessis ont fait, au mois d'avril, une série de sondages à Villeneuve. Ces sondages ont établi la similitude de la faune à Villeneuve et à Morges pour les profondeurs de 50 à 100 mètres. M. Forel continue à expérimenter la méthode qu'il a proposée pour prendre la température des eaux du lac. Ces travaux préliminaires continueront pendant l'été de 1873.

M. DUGUÉ est reçu comme membre effectif de la Société.

Sont présentés comme candidats :

MM. MATTHEY, instituteur à Vallorbes, par M. Guillemin.

ADDOR, pharmacien à Vallorbes, par M. J. Chastellain.

18 JUIN 1873.

459

REVERCHON, Auguste, élève de l'école centrale,
par M. Gaudin, Dr.

Sont proclamés membres honoraires, après que leurs travaux scientifiques ont été rappelés par MM. Forel, L. Dufour et Renevier,

MM. ED. HAGENBACH, prof. de physique à Bâle.

DESOR, professeur à Neuchâtel.

ALPHONSE FAVRE, professeur à Genève.

M. Schnetzler professeur, propose que la Société appuie de tous ses vœux, auprès des autorités compétentes, la création d'un jardin botanique à Lausanne. — Adopté.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES.

M. MATTHEY, instituteur à Vallorbes, lit deux rapports adressés à la Municipalité de cette localité sur la marche de l'établissement d'éclosion d'œufs de truites pendant l'hiver 1872-1873. (Voir ci-dessous.)

M. NICATI, médecin à Aubonne, donne lecture à la Société de la note suivante :

« Dans la séance du 19 avril dernier, je vous ai donné quelques détails sur les essais de pisciculture qui ont eu lieu cette année dans notre canton, à Bougy, à Bonvillers, à Vallorbes et au Brassus. Ces essais ont présenté des résultats généralement satisfaisants. Je viens compléter ces détails, non point en mentionnant les succès qu'ont sans doute présentés les établissements du moulin Cossaux près d'Yverdon, et ceux de M. de Loës à Aigle, puisque je ne les connais pas, mais en vous annonçant que MM. Chate-

lanat et Prélaz, concessionnaires actuels de la pêche de l'Aubonne, ont avec plein succès établi quelques bassins d'éclosion pour les œufs de truite de l'Aubonne. Ces bassins sont construits dans le réservoir de la campagne de Rovray. Ils sont alimentés par une source fraîche et abondante, tout à fait convenable aux jeunes poissons. Leur peu d'éloignement de la rivière a permis d'abandonner au courant quelques milliers d'alevins. Ensuite des résultats obtenus cette année, on peut donc considérer la question de la pisciculture et du repeuplement de l'Aubonne, comme avantageusement résolue. Quant au succès définitif, il dépend des mesures qui seront prises à l'avenir et de l'application qui en sera faite.

» Dans le but de suivre le développement des petites truites, j'ai fait éclore quelques douzaines d'œufs fécondés, dans un bocal de verre, en changeant l'eau tous les jours. L'expérience m'a passablement réussi. Au début, beaucoup de mes élèves ont péri, mais plus tard beaucoup moins, et j'ai pu suivre les diverses phases de l'existence des alevins, depuis le moment où l'embryon, assez semblable à un ver, ne montrait à une de ses extrémités que deux points noirs, ses yeux, jusqu'à celui où, brisant l'enveloppe membraneuse de l'œuf, le petit animal encore assez informe, et muni d'une vésicule ombilicale volumineuse se mettait à nager avec une grande vitesse et se cachait dans le gravier du bocal. Graduellement la tête et les nageoires se dégageaient, le corps se développait, la vésicule ombilicale diminuait de volume, les branchies devenaient distinctes, le mouvement respiratoire s'accroissait et au bout d'environ onze semaines j'avais des petits poissons bien développés, longs de 10 à 12 lignes, d'une couleur brunâtre, tachetée de noir, le ventre argenté, les

yeux proportionnés aux dimensions de la tête. Ces petits animaux prospéraient et devenaient de vrais poissons, sans qu'ils eussent mangé ni pain ni viande; il était fort curieux de voir leurs bouches et leurs ouïes s'ouvrir et se refermer à chaque inspiration, leurs nageoires et leurs queues se mouvoir avec rapidité, et tous leurs mouvements dénoter une grande vivacité. Je me flattais de pouvoir les conserver et de les voir prospérer dans mon petit aquarium, quand au bout de 6 à 8 semaines, il y a de cela un mois, sans cause connue que peut-être l'accroissement de la température de l'air et de l'eau, je les vis périr jusqu'au dernier, dans l'espace de 3 ou 4 jours. Ils étaient tous atteints d'une affection, probablement contagieuse, sur laquelle permettez-moi de fixer un moment votre attention. La maladie qui a emporté mes petites truites est la *diphthérie* ou le *croup*.

» Une pellicule grisâtre, fausse membrane diphthérique, revêt les ouïes, la bouche et toute la tête. L'animal respire difficilement et avec effort; on le voit ouvrir la bouche et les ouïes plus qu'à l'ordinaire. La pellicule s'agrandit, s'épaissit et au bout de quelques heures l'animal meurt asphyxié. En même temps, les branchies perdent leur couleur rose vif, elles deviennent noirâtres puis pâles, elles se couvrent d'un voile grisâtre, qui s'étend d'abord sur la partie inférieure de la tête puis sur toute celle-ci, sur les ouïes et parfois sur le ventre. Je n'ai pu constater si la membrane diphthérique part de la bouche pour s'étendre aux branchies, ou si c'est l'inverse qui a lieu. Ce qui est bien positif, c'est l'existence d'une fausse membrane qui recouvre peu à peu les organes respiratoires du petit poisson, produit l'asphyxie et amène la mort.

» La membrane en question, examinée par quelqu'un qui

a plus que moi l'habitude du microscope, a présenté une structure tout à fait semblable à celle des fausses membranes diphthériques de la gorge et des bronches chez l'homme atteint d'angine coenneuse. Pour moi, je n'ai vu à la surface de la membrane que de nombreux corpuscules d'apparence cristalline, supportés par un réseau cellulaire. Du reste, l'existence du croup chez les jeunes truites a déjà, si je ne me trompe, été signalée, par M. le Dr Vouga, comme la cause d'une grande mortalité chez les produits de l'éclosion artificielle des truites.

» L'on ne doit point confondre avec la diphthérie l'altération assez semblable que j'ai vu se développer chez les alevins renfermés dans un flacon plein d'eau pour être transportés. Ces animaux n'ont pas tardé à périr, manque d'air, et ont été au bout de deux ou trois heures recouverts en entier d'une membrane jaunâtre assez épaisse, d'un tout autre aspect que la membrane diphthérique. Il a été reconnu que la membrane qui recouvre les poissons morts durant leur transport, est uniquement formée par l'épithélium superficiel, macéré sans doute par leur séjour dans l'eau après leur mort, tout comme dans le cadavre humain quand il séjourne dans l'eau, l'épiderme se soulève en une membrane de couleur blanchâtre.

» Un mot encore avant de terminer. Je ne saurais trop recommander aux amateurs de recherches microscopiques l'examen des produits de la pisciculture. Ils y trouveront de nombreux sujets d'études. Le petit volume des œufs et des alevins, leur extrême transparence, facilitent les recherches ; puis l'agonie assez prolongée de ces petits animaux, quand ils sont exposés à l'air, permet de distinguer très nettement, sous le microscope, la circulation du sang, la marche et la forme ovoïde des globules, dans les

artères, les mouvements du cœur, ceux des branchies que l'on voit se dilater et se contracter à chaque respiration, aussi longtemps qu'il y a un reste de vie. Chez le petit poisson mort, l'examen de la peau, celui des arêtes, des nageoires et des organes internes, est également aisé et intéressant. »

M. MATTHEY fait circuler des monstres d'alevins et une libellule, avec sa larve, qui exerce ses ravages dans les bassins.

M. JACCARD, professeur à Neuchâtel, profite de la présence de la Société à Vallorbes pour parler de la contrée au point de vue de la géologie pratique. Il mentionne l'asphalte des Episats et lit une notice sur le gisement de calcaire hydraulique des Grands-Crêts, à mi-côte sur le versant oriental du vallon. Ce calcaire est exploité par **MM. Rey et Dalstein**; les matériaux sont descendus par un plan incliné. Il offre une épaisseur d'une vingtaine de mètres sur plusieurs centaines de superficie; d'après l'aspect de la roche, c'est un produit supérieur, de composition constante. Il appartient à l'oxfordien calcaire. A Noiraigue, dans le canton de Neuchâtel, on exploite d'abord le bathonien, qu'on croyait être le seul calcaire à ciment. Il y a deux ans, un employé de Noiraigue essaya l'oxfordien des Convers et réussit. Le principal exploitant de Noiraigue a aussi passé à l'oxfordien.

M. RENEVIER, Prof^r, dit que la composition d'un terrain doit être seule consultée pour savoir s'il peut donner un ciment, et qu'on trouve des chaux hydrauliques à tous les niveaux, triasique, liasique, oxfordien, kimmeridgien et portlandien suivant les pays.

M. JACCARD ajoute que nous savons maintenant à quels étages nous adresser dans le Jura, mais que ce n'est ni au lias, ni au portlandien, ni au néocomien.

M. Ch. DUFOUR revient sur une précédente communication, concernant les images réfléchies par le lac des objets situés sur le rivage à un niveau rapproché de la surface. Il avait cru pouvoir inférer que ces images étaient, pour les objets du bord, dues exclusivement au mirage; une observation plus attentive lui a montré que quand le lac est très limpide, on peut voir l'image qu'il donne directement; mais elle est très raccourcie dans le plan vertical, tandis que celle due au mirage n'est pas déprimée. L'image est écrasée parce que la surface du lac est convexe et l'on a ainsi une nouvelle preuve de la rondeur de la terre.

M. FOREL, en examinant l'image du collège des Jésuites d'Evian, n'a pas vu de déformation pour les fenêtres supérieures, mais bien pour les fenêtres inférieures; c'était bien l'image dans l'eau, parce que deux bandes grisâtres dans cette dernière ont divisé l'image en trois parties, ce qui n'aurait pas lieu pour le mirage.

M. SCHNETZLER, Prof^r, continue une précédente communication sur la fécondation des tritons. (Voir aux mémoires.)

M. DU PLESSIS, Prof^r, confirme les observations de M. Schnetzler par celles des auteurs qui se sont occupés de cette question; il dit que les zoospermes des cypris et de certaines sangsues sont encore plus grands que ceux des tritons.

M. Sylvius CHAVANNES reprend, avec de nouveaux faits, ses conclusions antérieures sur la formation par métamorphisme du gypse et de la corgneule. A Essergillod, entre Aigle et le Sépey, il a observé un gisement de gypse dans le prolongement des schistes du flysch, qui dans ce lieu se trouve modifié de la manière suivante :

On a une masse argileuse pétrie de cristaux de gypse et de petits fragments de quartz, puis viennent de grands fragments de gypse dans les conglomérats grossiers du flysch, avec grès verdâtre, grisâtre, fragments schisteux, cristaux de quartz. Cette apparence est celle du gneiss, du poudingue. Les gypses ont conservé la forme schisteuse et ont gardé quelquefois les traces des fucoides du flysch. Plusieurs des roches tertiaires de nos Alpes ont subi les transformations qui les ont fait passer à l'état de gypse.

La corgneule est une brèche dolomitique ou le produit d'un travail de remaniement des calcaires magnésiens ; les corgneules accompagnent le gypse sans véritable contact. A Salins, on a déblayé un grand réservoir pour recueillir une source salée ; c'est une immense salle carrée, précédée de longues galeries. Le réservoir est taillé dans le gypse, qui est compacte, avec des veines, inclinées au S.-O., de fragments argileux ou calcaires antérieurs au métamorphisme. La corgneule de la galerie n'a que des indices de stratification ; elle est séparée du gypse par un remplissage provenant d'éboulis de sable, d'argile et de rognons de gypse. Là encore, on voit que la corgneule n'est qu'un éboulis et qu'elle n'est pas en stratification concordante avec le gypse.

M. EUG. DELESSERT présente à l'assemblée un *thermo-*

métrographe, assez répandu en Angleterre depuis quelques années. Cet instrument est composé d'un tube en U dont chacune des branches est surmontée d'un réservoir fermé. — Il est à deux liquides, mercure dans la partie inférieure et alcool dans la partie supérieure des deux branches, dont celle de gauche est entièrement pleine. Deux petits index d'acier, enveloppés de verre et retenus par une boucle de cheveu contre les parois du tube, nagent dans l'alcool; celui de la colonne de gauche indique les *minima*, et celui de la colonne de droite les *maxima*. Lorsque l'alcool de la branche gauche se contracte sous l'influence d'un abaissement de température, la colonne de mercure remonte du même côté et pousse l'index de gauche. Quand la température s'élève, l'alcool du réservoir de gauche se dilatant, refoule le mercure, qui monte par conséquent dans la branche droite et pousse l'autre index devant lui.

Après chaque observation, on remet en place les curseurs métalliques à l'aide d'un aimant, en les faisant redescendre jusqu'aux extrémités de la colonne de mercure.

Ce thermomètre, très utile pour observer les températures des couches plus ou moins profondes de l'eau, et que l'on enferme alors dans un étui métallique capable de résister à de fortes pressions, a été soumis le matin même à des épreuves que ne peuvent nullement supporter les thermomètres à maxima ordinaires, si délicats qu'on ne peut guère songer à les transporter : les sociétaires peuvent en effet s'assurer que les deux index indiquant le minimum et le maximum du jour précédent ne se sont déplacés en aucune façon.

M. CH. DUFOUR, qui prend la parole à ce sujet, exprime le désir que les hautes stations météorologi-

ques (le St-Bernard, par ex.) qui ne sont pas encore pourvues de thermomètres à maxima, puissent se procurer un pareil instrument, qui a pu être si facilement apporté jusqu'à Vallorbes et qui a ainsi dûment fait ses preuves.

M. DELESSERT présente encore une tortue (*Emys Europea*), originaire des lagunes de Venise, et qui se porte encore fort bien, quoiqu'elle n'ait pris aucune nourriture depuis *trente-cinq* mois, et cela malgré toutes les tentatives faites pour l'obliger à manger. Les seuls exemples à lui connus d'une telle abstinence sont ceux rapportés par Blasius, qui en garda une *dix* mois sans pouvoir rien lui donner, et par Redi, qui a pu en conserver aussi une, malgré un jeûne de *dix-huit* mois qu'elle supporta parfaitement.

M. FOREL montre à la Société deux exemplaires du *Limnæus perege* provenant d'œufs pêchés devant Chillon par 94 mètres de fond, le 20 avril, et qui se sont développés dans son aquarium, à Morges. Ces jeunes molusques ont atteint la taille d'un grain de blé.

L'assemblée se rend ensuite au bâtiment d'éclosion pour en voir la distribution seulement, les alevins étant tous à la rivière depuis plusieurs mois.

Monsieur le Président et Messieurs,

« Ayant reçu hier l'invitation de Monsieur le Président de votre honorable Société de vous faire part de ce qui concerne notre établissement communal de pisciculture, je viens, pour répondre à votre désir, vous faire part du rapport que j'ai fait sur les travaux et le résultat de cette année, ayant déjà fait rapport antérieurement à la Société d'utilité publique sur ce qui s'est fait précédemment (de 1864 à 1870).

Vallorbes, le 22 février

A la Municipalité de Vallorbes.

Messieurs,

» Répondant à votre désir, je viens vous exposer l'état actuel de notre établissement de pisciculture, et vous donner un aperçu approximatif des travaux de cette année.

» Pour procéder par ordre, j'indiquerai les convois d'œufs d'après le lieu de leur provenance et leur numéro d'ordre d'arrivée ici en les comptant à proportion de 5000 œufs par livre.

Oeufs provenant de la pêcherie d'Yverdon :

| | | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------------|------|--------|
| N ^o 1, novembre | 5, 2 livres | 10,000 œufs, | ôtés | 2,700. |
| N ^o 2, novembre | 9, 1 ¹ / ₄ » | 6,250 | » | 3,900. |
| N ^o 3, novembre | 15, 2 » | 10,000 | » | 4,100. |
| N ^o 7, décembre | 3, 1 » | 5,000 | » | 2,800. |
| N ^o 10, janvier | 5, 1 » | 5,000 | » | 2,140. |
| N ^o 11, janvier | 13, 2 ¹ / ₂ » | 12,500 | » | 290. |

Total, 9 ³/₄ livres 48,750 œufs, ôtés 15,930.

Oeufs provenant de la Poissine :

| | | | | |
|----------------------------|--|-------------|------|--------|
| N ^o 4, novembre | 17, 1 ³ / ₄ livres | 5,750 œufs, | ôtés | 1,960. |
| N ^o 5, novembre | 25, 2 » | 10,000 | » | 1,830. |
| N ^o 6, novembre | 30, 5 » | 25,000 | » | 8,310. |
| N ^o 8, décembre | 4, 3 ¹ / ₂ » | 17,500 | » | 5,780. |
| N ^o 9, décembre | 12, 3 ¹ / ₄ » | 16,250 | » | 4,670. |

Total, 15 ¹/₂ livr. 77,500 œufs, ôtés 22,550.

On a de plus reçu de Vallorbes 10,000 œufs, ôtés 500.

Enfin d'Aubonne par M. le Dr Nicati 6,000 » 3,160.

Total des œufs reçus, 142,250 œufs, ôtés 42,140.

Reste 100,110 soit 100,000 œufs en bon état.

» Les œufs des convois n^{os} 1, 2, 3 et 4 sont éclos ; les n^{os} 5, 6, 7, 8 et 9 vont prochainement éclore, probablement dans la quinzaine, car dans tous ces convois il y a quelques œufs d'éclos, mais ce n'est ordinairement que 8 ou 10 jours après que l'on a vu éclore les premiers que l'éclosion générale a lieu. Les œufs d'Aubonne qui ont résisté vont bien, nous sommes bien contents d'en avoir.

» L'incubation arrive donc à son dernier période. Les œufs, excepté ceux d'Aubonne et ceux des convois 10 et 11, sont tous embryonnés et en comptant encore de 5 à 10,000 au plus de déchet pour ceux qui restent clairs ou inféconds, nous aurons au moins 90,000 alevins.

» Du reste quelques pisciculteurs comptent que la livre d'œufs de truite a parfois jusqu'à 6000 œufs, comme les œufs que nous avons reçus sont de grosseur moyenne, excepté ceux des convois n^{os} 1 et 10 qui sont très gros, l'on peut compter que le résultat approximatif annoncé ci-dessus ne sera pas moindre que le chiffre indiqué, le demi-mille probable par livre donnerait un appoint d'environ 14,000 en plus.

» Les œufs de Vallorbes proviennent de truites qui étaient en réservoirs ; savoir 8000 en somme des réservoirs de l'Hôtel-de-Ville et de la Croix-Blanche, et 2000 provenant d'œufs recueillis par un jeune amateur de pêche dans des endroits laissés à sec au bord de l'Orbe, où les truites les avaient déposés pendant les hautes eaux du commencement de l'hiver.

» Nous n'avons point pu obtenir d'œufs de truites prises dans l'Orbe, malgré l'autorisation accordée par le Conseil d'Etat à la Municipalité de faire tendre des nasses, vu que personne n'a voulu se charger de cette affaire ; un fait

réjouissant, c'est que beaucoup de truites ont frayé cet hiver malgré la grande consommation de l'année dernière; c'est une preuve évidente de repeuplement.

» La température exceptionnellement chaude des mois de novembre, décembre et janvier pendant lesquels les convois d'œufs nous sont arrivés me paraît la principale cause du déchet, le plus considérable que nous ayons jamais eu, qui s'est produit cette année. Les envois d'une petite quantité d'œufs sont aussi ceux qui ont le plus souffert. Les convois de la Poissine ont en général bien réussi, le n° 5 seul aura un certain nombre d'œufs clairs; mais celui qui a présenté le plus beau résultat jusqu'à présent et qui, je l'espère, continuera son cours d'incubation, est le n° 11 provenant d'Yverdon, il était très bien emballé. Les talitres, dont la propagation a aussi, paraît-il, été favorisée par la douceur de cet hiver, ont aussi causé quelques ravages, cependant ils sont presque entièrement détruits et comme l'éclosion est proche, ils ne nuiront plus guère. L'éclosion a commencé huit jours plus tôt que de coutume.

» Notre établissement, malgré le déchet qui a eu lieu, présentera bientôt un aspect agréable et réjouissant pour les amis du repeuplement de l'Orbe. 90 à 95,000 alevins, dans six semaines iront animer les ondes limpides de notre rivière et nous préparer, par leur accroissement laissé aux seuls soins de la nature, une source de revenus et de plaisirs et cela grâce à la bienveillance et à la sollicitude du Conseil d'Etat à qui nous devons la plus vive reconnaissance.

» Il est bien à souhaiter que notre établissement remis à neuf et augmenté l'année dernière par les soins de la Municipalité, présentant maintenant toutes les garanties de

réussite, plus de facilité pour les soins qu'auparavant et qui pourrait au besoin recevoir 250 ou 300,000 œufs, continue à être abondamment fourni, afin que l'Orbe se repeuple de plus en plus chaque année tout en fournissant abondamment à la consommation la truite recherchée qu'elle nourrit.

» Tel est, Messieurs, le résultat actuel des travaux de cet hiver ; lorsque la mise à l'eau des alevins sera venue, je compléterai ce qu'il y aura à dire à ce sujet. »

Vallorbes, le 17 mai 1873.

A la Municipalité de Vallorbes.

Messieurs,

« Maintenant que les soins concernant l'établissement de pisciculture sont arrivés à leur terme, je viens compléter, pour le résultat de cette année, le rapport approximatif du 22 février.

» A cette époque, la majeure partie des œufs étaient éclos, les autres étaient déjà bien avancés et avaient subi leur déchet le plus considérable. Il restait environ 100,000 œufs, ou alevins déjà éclos en bon état. Le déchet qui s'est opéré dès lors, tant pour les œufs qui sont devenus mauvais, que pour les clairs, soit ceux qui n'ont point d'embryon, peut être évalué au maximum à environ 10,000, ce qui fait que notre établissement a produit 90,000 alevins au minimum cette année. Ces alevins ont été distribués suivant vos directions dans les places les plus favorables de la rivière, où l'eau offre la tranquillité et la sécurité qui leur sont nécessaires, dès les abords du pont aux Grands-Morcels d'un côté et à la Puaz de l'autre.

» Ainsi que vous avez pu vous en convaincre, Messieurs, notre établissement est maintenant construit d'une manière à la fois simple et commode, et présente pour la pisciculture populaire les conditions les plus favorables pour la réussite des travaux, ainsi que cette année l'a prouvé une fois de plus.

» L'expérience a montré qu'il y aurait deux choses désirables pour recommencer les travaux de l'année prochaine, savoir :

» 1^o D'avoir une eau permanente et sûre, afin de pouvoir la régler suivant les besoins de l'incubation, et pour éviter les accidents fâcheux qui pourraient survenir d'une manière imprévue.

» 2^o Avoir dans les caisses un gravier un peu plus mince que celui qu'il y a, afin que les œufs restent à sa surface pour pouvoir mieux choisir et enlever tous ceux qui sont mauvais.

» Il est bien à désirer que le Conseil d'Etat continue comme il l'a fait cette année et l'année dernière à faire fournir d'œufs notre établissement, afin que cette œuvre intéressante et utile ne soit pas interrompue et qu'elle continue efficacement le repeuplement de l'Orbe et contribue à accroître les ressources de notre bien-aimée localité, ainsi que du bassin de l'Orbe en général ; aussi, Messieurs, je me joins à vous pour exprimer à cette autorité toute notre reconnaissance.

» Je dirai, en passant, que les œufs de la Poissine, d'Yverdon et de Vallorbes, donnent naissance à des truites de trois variétés, les deux tiers environ de noires à taches noires et rouges, un sixième de grises à taches noires et rouges, et un sixième de grises à taches noires ; ceux d'Aubonne ont donné naissance à des truites grises à taches

noires et ayant des bandes grisâtres semblables à celles des perches.

» Pour terminer, j'ajouterai que dès l'origine, l'établissement a fourni jusqu'en 1869-1870, 450,000 alevins, 13,000 l'année dernière et 90,000 cette année, en tout plus de 550,000, aussi les effets que la pisciculture a produits sont constatés ici par tout le monde et ont convaincu les plus incrédules; cependant le résultat serait encore plus efficace si le déversement des résidus acides des eaux de la Jougne naz, venait à cesser ou à être corrigé.

» Il est bien à désirer, pour le bien général, que des établissements de pisciculture soient établis sur tous les cours d'eau un peu importants, ainsi qu'au bord des lacs, pour les repeupler d'espèces de poissons estimés, ce serait une source d'agréments et de prospérité de plus à ajouter à celles dont notre beau canton est si heureusement pourvu.

» En vous remerciant, Messieurs, de votre cordiale et bienveillante invitation, je vous prie d'agréer l'assurance de ma parfaite considération et de mon dévouement. »

L^r MATTHEY, *instituteur*.

SÉANCE DU 2 JUILLET 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire: M. le D^r LARGUIER.

Les procès-verbaux de la séance précédente sont lus et adoptés.

MM. MATTHEY, ADDOR, REVERCHON sont proclamés membres effectifs de la Société.

M. le président donne la liste des livres recus. Des remerciements seront adressés à M. E. Plantamour pour son ouvrage sur les stations astronomiques suisses.

Une motion signée de 18 membres demande quelques modifications aux règlements. Elle est renvoyée au comité qui en fera rapport à la Société dans la séance générale d'automne.

M. GUILLEMIN donne lecture d'une lettre par laquelle la Société des sciences naturelles félicite le Conseil communal de Lausanne d'avoir pris l'initiative de la création d'un jardin botanique en cette ville. La Société s'engage à y contribuer dans la mesure de ses faibles ressources.

M. le prof. RENEVIER présente un tableau sur la synonymie géologique. (Voir aux mémoires.)

M. CAUDERAY montre quelques coquillages fossiles constituant les dépôts exploités à Bellegarde.

M. CAUDERAY fait voir ensuite une horloge électrique automatique, avec demi-secondes, marchant uniquement au moyen de l'électricité. Cette pendule, dont la variation journalière n'est pas supérieure à 4 secondes, est destinée à l'asile de Bois de Cery. Son constructeur, M. Hipp, y a adapté un appareil de son invention, annulant la différence d'intensité des diverses piles.

M. GUILLEMIN montre une carte terrestre représentant les soulèvements géologiques lents de la surface du globe et venant à l'appui de la théorie émise par lui dans une séance antérieure.

A ce sujet, M. le prof. RENEVIER rappelle que la sédimentation est aussi une cause de soulèvements lents.

SEANCE DU 6 NOVEMBRE 1873

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le Dr LARGUIER.

Les procès-verbaux de la dernière séance sont lus et adoptés.

M. le Président mentionne les ouvrages reçus parmi lesquels il faut citer 38 volumes des *Archives de la Bibliothèque universelle* offerts par M. le Prof^r Lude; les trois premières livraisons publiées par l'Association zoologique du Léman, offertes par M^{me} Rieu, veuve de notre regretté confrère; enfin un recueil d'observations météorologiques faites à Bonvillars par M. le Dr Malherbes. Des remerciements seront adressés à ces généreux donateurs.

Sur une proposition de M. Guillemin, la Société décide que, jusqu'à la fin de l'année courante, les séances ordinaires auront lieu à 8 heures.

M. le Dr BRIÈRE fils, est présenté comme membre de la Société par M. le Dr Larguier, et M. le Dr SUCHARD par M. le Prof^r Renevier.

M. Renevier communique une note de *Bristol Naturalist's Society* qui demande à échanger son Bulletin contre le nôtre. Renvoyé au Comité.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES.

M. le Prof^r L. DUFOUR communique les résultats de quelques expériences sur les variations de la température dans la diffusion des gaz.

M. Dufour, en opérant soit avec de l'air, soit avec de l'hydrogène ou du gaz à éclairage, a remarqué que la température s'abaisse lorsqu'il y a endosmose du gaz dans le vase poreux, et qu'elle s'élève lorsqu'il y a exosmose. Cette règle se vérifie quel que soit l'état hygrométrique du gaz. Les plus fortes variations observées par M. Dufour ne dépassent jamais $\frac{4}{10}$ de degré. (Voir aux mémoires.)

A ce propos, M. le Dr DUBOIX émet l'idée que le réchauffement signalé par M. Dufour pourrait peut-être s'expliquer par le fait du choc des molécules gazeuses contre les parois du vase.

M. le Prof^r RENEVIER montre un bouchon extrait d'une bouteille de vin vieux et chargé de fort beaux cristaux de tartrate de potasse.

M. Renevier attire l'attention de la Société sur une étude géologique de l'île de Skye, publiée dans le n° 115 du *Quarterly Journal geological Society*. La faune de l'île est particulièrement intéressante en faisant connaître un facies saumâtre du Kellovien; on y remarque les genres *Neritina*, *Valvata*, *Paludina*, *Unio* et *Cyrena*.

Enfin, M. Renevier présente de la part de M. Venance Payot des échantillons des minéraux les plus communément vendus à Chamounix. Ce sont : du jaspe héliotrope du Brésil; un jaspe bleu connu sous le nom de Lapis des

Alpes, trois topazes jaunes du Brésil, que l'on peut colorer en rouge, dit M. Payot, en les enveloppant d'amadou auquel on met le feu. Un échantillon de quartz hyalin, incolore, et une bille du même minéral colorée en rouge par un procédé que décrit M. Payot et qui consiste à chauffer le quartz jusqu'à ce qu'il se fendille, à le tremper ensuite dans un liquide coloré et enfin à l'asperger d'eau glacée.

M. S. Chavannes rappelle qu'une fabrique de pierres colorées est établie à Kreuznach.

M. le Dr Ph. DE LA HARPE présente une tortue fossile trouvée dans la molasse du Vallon aux environs de Lausanne. L'échantillon est complet et en fort bon état. La partie inférieure mobile, et relevée antérieurement, le rapporte au genre *Cistudo*, dont ce spécimen représenterait une espèce nouvelle à la Suisse.

M. de la Harpe rappelle que M. le Prof^r Forel a émis l'opinion que les *fontaines du lac*, c'est-à-dire ces espaces et ces ruisseaux unis qui se dessinent sur la surface ridée de l'eau animée par une très légère brise, seraient dues à des traînées excessivement minces de substances grasses dont la présence empêche le ridement de l'eau. (*Bull. vol. XII, p. 148*).

Tout en admettant que cette explication puisse être quelquefois vraie, M. de la Harpe estime qu'il faut souvent chercher aux phénomènes des fontaines une cause différente. Il a observé ces mêmes traînées unies, ondulées et anastomosées sur la mer Noire, le long de la côte méridionale de Crimée où elles se présentaient de la même manière que sur le lac Léman. Or, sur cette côte, sur une longueur de 150 kilom., il n'existe qu'un seul centre

Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XII. N° 71.

de population d'où puissent provenir des eaux chargées de substances grasses, savoir Valta, ville d'un millier d'âmes. C'est à 150 kilom. avant d'y arriver que M. de la Harpe a observé le phénomène dans sa plus grande beauté. Il ne serait pas plus facile d'expliquer ici la présence de substances grasses par des décompositions organiques, cette côte étant fort profonde et très pauvre en animaux ou végétaux marins. Force est donc, pour la mer Noire du moins, d'attendre une nouvelle explication.

M. le Dr Ed. BUGNION donne la description d'organes sensitifs épidermiques qu'il a découverts et étudiés chez les Protées et les Axolots, organes au moyen desquels ces amphibiens remplacent l'imperfection de leur vue dans la recherche de leur nourriture. (Voir aux mémoires du dernier Bulletin).

M. S. CHAVANNES entretient la Société de gypses qu'il a observés à Hohentwyl, situés entre le basalte et les tuffes basaltiques ; le gisement présente tous les intermédiaires entre le calcaire et le gypse et contient les fossiles typiques du myocène. M. Chavannes admet que la pâte argileuse en contact avec le basalte a été cuite par la chaleur et transformée peu à peu en gypse soit par de l'acide sulfureux, soit par de l'acide sulfurique. M. Chavannes voit dans cet exemple une confirmation de l'origine métamorphique qu'il attribue à nos gypses et pense que les failles et soulèvements ont été assez fréquents et puissants dans nos Alpes pour amener la transformation des calcaires en sulfates de chaux.

M. le Profr RENEVIER conteste la validité de cet argument. Nos gypses sont stratifiés de la manière la plus nette

et la plus catégorique. Ils sont toujours inférieurs au Lias ancien et s'ils paraissent quelquefois lui être supérieurs, cela est dû à des contournements de couches et à des accidents de sédimentation qui ne doivent pas être pris pour du métamorphisme. M. Renevier pense que nos gypses alpins sont triasiques et se sont probablement déposés dans des lacs salés,

M. Chavannes soutient sa théorie et n'admet pas que les phénomènes de sédimentation et de métamorphisme soient incompatibles. Ces deux cas se rencontrent dans nos Alpes et M. Chavannes en donne pour preuve les transformations manifestes de puddingue et de flisch en gypses observées à Essertgilliod et à Salins.

SÉANCE DU 19 NOVEMBRE 1873.

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. le Président annonce que la séance du 3 décembre aura lieu à 4 heures dans l'auditoire agricole, à l'Ecole industrielle.

M. le D^r Brière fils et M. le D^r Suchard sont proclamés membres de la Société.

M. L. Dufour, Prof^r, lit une lettre de M. le Prof^r VALRAS, adressée à M. le Prof^r P. Piccard, et traitant de la *théorie mathématique de l'échange* (voir Bulletin n° 70 page 317).

M. Dufour remet, de la part du D^r Rud. Wolf, quelques

feuilles des *Astronomische Mittheilungen* de cet auteur. Il rappelle à cette occasion la période des taches solaires, découverte par H. Wolf, laquelle dure onze ans environ et offre un maximum et un minimum de taches. Pour les dernières périodes, les minima tombent sur les années 1844,2; 1856,2 et 1867,2, et les maxima sur 1848,6; 1860,2 et 1870,7. La distance d'un maximum à un minimum comprend plus de la moitié de la période.

M. L. DUPON montre un appareil pour la diffusion des gaz qui est rendu visible au moyen d'un index liquide coloré contenu dans un tube en U ouvert communiquant avec l'intérieur du vase poreux de l'appareil. Quand le gaz à éclairage arrive dans le vase extérieur, l'index est repoussé par le mélange d'air et de gaz du vase poreux; dans le cas contraire, c'est-à-dire quand le gaz arrive dans le vase poreux, il y a absorption et l'index se meut du côté du vase.

M. DUPON continue l'exposition de son travail sur les variations de température accompagnant la diffusion des gaz pour le cas où l'air est chargé de vapeurs d'éther ou d'acide sulfurique.

M. RAVENUS, Prof., montre des tableaux géologiques qu'il publie dans le *Bulletin* et en explique la distribution. Ils sont imprimés sur du papier aux couleurs qui servent à indiquer les mêmes grandes divisions des terrains dans la carte géologique française. Trois de ces tableaux se rapportent : le premier à la période primaire, le deuxième à la période secondaire et le quatrième à la période tertiaire. Il en reste cinq à publier.

M. RAVENUS expose un cylindre de carbonate de chaux, renfermant suivant ses rayons une à la surface et

très dur, provenant d'une conduite d'eau en grès vernissé située au-dessus d'Epesses. Ces tuyaux ont été obstrués à peu près complètement en 4 à 6 ans par cette concrétion calcaire due à un mince filet d'eau.

M. Marcel demande que nos chimistes recherchent à l'avenir la lithine de plus en plus employée en médecine.

M. le Dr Ph. de la Harpe fait observer que M. Bischoff dit que, dans les sources minérales, sur 16 parties de potasse, on en trouve en moyenne une de lithine.

M. J. CAUDERAY a observé le 9 novembre à 6 h. 50 m., 30 sec. du soir (heure de Berne), depuis la route de Derrière-Bourg, un bolide se mouvant du S.-E. au N.-O., de forme ovale et de la grandeur apparente d'un globe de verre pour bec de gaz, de couleur blanc bleuâtre, semblable à la lumière du magnésium. La durée de l'apparition a été d'environ deux secondes, mais l'observateur n'a vu qu'une partie de la course. Aucun bruit ni détonation ne s'est fait entendre.

M. GUILLEMIN, président, rend compte des procédés qu'il emploie pour obtenir l'inflammation complète de la dynamite; car la capsule ne produit pas toujours cet effet soit qu'on la fixe à une mèche soit qu'on l'enflamme avec un courant électrique. — En entourant la capsule d'un mélange de chlorate de potassium et de sulfure d'antimoine, on obtient une forte détonation, mais la dynamite ne s'enflamme pas; avec les mêmes substances mélangées de pulvérin pour en tempérer la combustion, une partie seulement de la dynamite prend feu. Mais M. Guillemin obtient un effet complet en fixant la capsule à une douille de cartouche remplie du mélange précédent, la résistance de la douille augmentant la force du choc.

SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1873.

Présidence de M. CUÉNOUD, vice-président.

Secrétaire : M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

MM. les professeurs L. Dufour et F. Forel ont été désignés par le Comité pour assister aux funérailles d'Aug. de la Rive, un de nos membres honoraires les plus distingués. La famille du défunt a prié nos délégués d'aviser de sa part notre Société de cette perte douloureuse.

M. L. Dufour annonce que le retard de la publication du n^o 70 du Bulletin est dû aux lenteurs apportées par le lithographe auquel sont confiées les planches du mémoire du D^r Bugnion.

M. Forel, Prof^r, expose au nom de M. Ph. GOSSET, ingénieur au bureau topographique fédéral, un calque de la carte des sondages que ce dernier a exécutés pendant l'été de 1873 dans la partie du Léman qui s'étend de St-Sulpice à St-Saphorin. Cette carte, au 25,000^e, donne les courbes horizontales de 10 en 10 mètres.

Le fond du lac forme une vaste vallée très plane, suivant les profils en travers, inclinée suivant sa longueur de 7 pour 1000 environ. — Sur les bords de cette grande plaine sont deux vallées de 10 à 15 mètres de profondeur qui bordent les talus, de Cully à St-Saphorin sur la côte suisse et de Leucon à la Tour-Ronde sur la côte de Savoie. Les talus sont plus ou moins inclinés. Le maximum de pente est devant Rivaz et devant Leucon avec 500 pour 1000; l'inclinaison moyenne de 100 pour 1000 est devant

Evian et Ouchy ; devant St-Sulpice, l'inclinaison est de 60 pour 1000. Le point de plus grande profondeur est situé entre Evian et Ouchy, aux $\frac{2}{5}$ de la largeur du lac à partir d'Evian. Cette profondeur maximale est de 332^m,6 soit 42^m,4 au-dessus du niveau de la mer. Un second point de profondeur maxima est situé devant Ouchy, à 3 $\frac{1}{2}$ kil. du rivage suisse ; il mesure 324^m. En réunissant ces deux points, M. Forel trouve au fond du lac une vallée de dépression maximale qui coïncide à peu près exactement, pour sa direction et sa position, avec la ligne de faille de la molasse suisse connue sous le nom d'axe anticlinal, M. Forel estime que la rencontre de cette vallée avec la cluse du Rhône peut avoir déterminé la position et le creusement du bassin lémanique.

M. RENEVIER pense que la vallée dont parle M. Forel ne correspond pas avec l'axe anticlinal, mais bien avec une autre ligne de faille molassique située au pied de la crête de Belmont.

M. le Dr JOEL donne lecture d'un travail sur l'anosmie, traduit d'un médecin anglais W. Ogle. Sans parler de l'anosmie résultant d'un désordre des centres nerveux consécutifs à une hémorragie ou à un traumatisme, l'auteur démontre que cet état peut provenir d'un défaut de pigmentation de la pituitaire.

M. BIELER, en opposition avec les faits relatifs à cette dernière cause, n'a jamais remarqué que les animaux albinos présentassent des facultés olfactives et gustatives moins développées que chez les autres. Par contre, il est d'observation que les parties blanches des herbivores subissent plus fortement que les parties colorées l'influence

toxique de certains principes végétaux, tels, par exemple, que le sarrasin en fleurs qui produit chez les ruminants une inflammation erysipélateuse des membres.

M. le Prof^r P. PICCARD donne une analyse raisonnée de la lettre lue à la dernière séance de la part de M. Walras, relative à la théorie mathématique de l'échange.

M. F. FOREL présente un appareil qu'il a imaginé pour prouver la constance du mouvement des seiches dans le lac Léman, et en mesurer exactement la durée. Cet appareil, que M. Forel nomme *plemyramètre*, apprécie des dénivellations de 16/1000 de millimètres.

M. VULLIET, Prof^r, entretient la Société d'un bolide observé par M. Treuthardt, à Cour, à 11 h. 45 m. du soir, dans la nuit du 10 au 11 novembre. La durée de l'apparition a été de 3^s,5; le bolide paraissait rouge orangé et se dirigeait du N. au S. Il disparut sans produire de détonation.

SÉANCE GÉNÉRALE DU 20 DÉCEMBRE 1873

à la Maison-de-Ville

Présidence de M. GUILLEMIN, président.

Secrétaire: M. le D^r LARGUIER.

Le procès-verbal de la séance du 3 décembre est lu et adopté.

Après avoir donné la liste des ouvrages reçus, M. le Président fait lecture de quatre lettres annonçant la démission de MM. les docteurs Jean Muret et Cordey, deux

de nos plus anciens membres, ainsi que de MM. Fœrderer et Gorgerat.

M. Henri BRUNNER, professeur de chimie à la Faculté de pharmacie, présenté par M. L. Dufour, et M. Ch. BAUTY, secrétaire au Département de l'instruction publique, présenté par M. Renevier, demandent à être reçus au nombre des membres effectifs de la Société.

M. le Prof^r E. RENEVIER annonce à l'assemblée la grande perte que vient de faire la science dans la personne de notre compatriote Agassiz, mort subitement à Boston, il y a quelques jours à peine. La Société charge le Comité d'exprimer à la famille du défunt la part qu'elle prend à ce douloureux événement qui nous enlève un de nos membres honoraires les plus illustres.

L'ordre du jour appelle la discussion d'une proposition présentée à l'assemblée de juin par M. Renevier et signée de 18 membres de la Société. Cette proposition demandant le renvoi à la séance de décembre de toutes les questions administratives a été examinée par le Comité qui a préavisé pour sa non acceptation.

M. F. Forel, tout en rejetant la proposition dans son ensemble, pense qu'il serait avantageux de réserver à l'assemblée générale de décembre les décisions prévues par l'art. 6 du règlement sur l'administration financière de la Société. Il fait de cet amendement une proposition formelle.

MM. Fraisse et Cuénoud combattent également la proposition de M. Renevier et développent les raisons qui ont engagé le Comité à donner un préavis défavorable.

M. E. Renevier soutient sa demande en attirant l'at-

tention sur le désavantage d'avoir à traiter des questions administratives dans une réunion qui, comme celle de juin, présente plus que tout autre, un intérêt scientifique particulier. Puisque le renvoi en décembre présente, sous d'autres points de vue, de grands inconvénients, M. Renevier demande une troisième assemblée générale qui aurait lieu à Lausanne au mois de mars et qui serait uniquement réservée aux intérêts matériels de la Société.

On passe à la votation. L'amendement de M. Forel est adopté à l'unanimité; les deux autres propositions ne sont pas adoptées.

Le Secrétaire fait lecture d'un rapport sommaire de l'état de la caisse, dressé par le Caissier en date de ce jour.

M. Forel demande que toutes les séances aient dorénavant lieu pendant la journée, afin que les membres forains puissent y assister plus régulièrement.

Cette proposition est appuyée et soutenue par MM. Piccard, Rivier, Fraisse, Cuénoud et Marguet. Ce dernier propose, en outre, que les jours de séances soient fixés au premier et au troisième samedis de chaque mois.

M. Cuénoud amende cette dernière proposition en demandant qu'elle ne soit pas applicable à l'assemblée générale de juin.

L'amendement et les propositions sont adoptés.

L'assemblée procède enfin au renouvellement du Comité pour l'exercice de 1874 et à la nomination de trois commissaires vérificateurs.

Président. Premier tour de scrutin: votants 32, majorité 17; est nommé, M. CUÉNOUD, directeur de l'Ecole industrielle.

Vice-président. Votants 34, majorité 18 ; M. le Prof^r RENEVIER est nommé au deuxième tour de scrutin.

Membre du Comité. M. BIELER est nommé au deuxième tour de scrutin.

Les trois commissaires vérificateurs seront MM. Samuel ROCHAT, MARGUET, Prof^r, et BRIATTE.

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES.

M. RENEVIER, Prof^r, en transmettant à la Société le numéro 116 du *Quarterly Journal* de la Société géologique de Londres, signale la description et les figures (pl. 16) du crâne d'un oiseau très remarquable, dont le bec est armé de dents et auquel M. le Prof^r Owen a donné le nom de *Odontopteryx toliapicus*. Ce crâne a été découvert dans le London-Clay de l'île de Sheppey ; il est donc d'âge Suessonien ou Eocène inférieur. Les dents ne sont pas implantées dans la mâchoire, mais constituent plutôt une dentelure régulière du bec. — M. le Prof^r O.-C. Marsh, des Etats-Unis, a décrit récemment (*American Journ. of Sc. a. Art.*, février 1873) sous le nom de *Ichtyornis* un oiseau crétacé américain pourvu de nombreuses petites dents comprimées et pointues, dirigées en arrière et implantées dans des alvéoles ! M. Marsh en fait une sous-classe des oiseaux, sous le nom de *Odontornithes*, dans laquelle devra peut-être rentrer l'*Odontopteryx* du Suessonien de Sheppey, et plus probablement encore l'*Archaeopteryx* du jurassique supérieur de Solenhofen. Cette sous-classe forme une transition entre les oiseaux actuels et la classe des Reptiles.

M. Ph. DE LA HARPE donne quelques détails sur les nummulites qu'il a recueillies en Crimée et sur leur association aux belemnites dans les couches du Monastère d'Uspenski, près de Bagtchisaraï. (Voir aux mémoires du prochain Bulletin).

M. Renevier relève l'intérêt qu'il y a à constater d'une manière certaine la coexistence de bélemnites et de nummulites dans la même couche.

M. F. FOREL continue ses études sur les seiches du lac Léman. Après avoir, le 15 juin 1870, émis l'idée que les seiches sont des vagues de balancement oscillant suivant divers diamètres du lac et indiqué comme probable une égale durée aux seiches de Villeneuve et de Genève, il en donne aujourd'hui la démonstration positive. C'est ainsi qu'il a constaté que la durée moyenne des seiches est à Veytaux de 1783 secondes, tandis qu'elle est à Genève de 1590 (observ. de Vaucher) et à Morges de 588 d'après les nouvelles observations faites à l'aide du plemynamètre.

M. Renevier. Les seiches ne peuvent-elles pas être assimilées à de petites marées?

M. Forel ne le pense pas, puisqu'elles reviennent toutes les 20 ou 30 minutes.

M. le Prof^r Ch. Dufour n'admet pas que la cause productrice des marées puisse avoir d'effet sur notre lac. Dans un bassin aussi restreint, les différences de position de la lune entre deux points opposés ne sont pas assez considérables pour amener une différence d'attraction. La lune ne peut pas produire de dénivellation sur le lac dont elle attire toute la masse à la fois.

M. Forel estime avec de Saussure et Vaucher qu'il faut

attribuer le mouvement des seiches aux variations de la pression barométrique.

En confirmation de ce point de vue, M. Ch. Dufour rappelle que lors de la guerre de Crimée, le *Henri IV*, un des navires français de l'escadre de la Mer Noire, fut mis à sec à la suite d'une journée orageuse pendant laquelle on avait noté une grande dépression barométrique.

M. Rosset a observé, dans la mer Baltique, des seiches parfaitement appréciables.



LISTE DES LIVRES REÇUS.



Séance du 7 mars 1873.

Soc. helvét. des sc. natur. — Actes : compte-rendu de la 55^e session à Fribourg, 1872 ; 2 ex.

Conseil fédéral. — Rapport trimestriel n° 1 sur la marche des travaux du St-Gothard.

R. istituto veneto. — Atti, t. II, serie quarta, disp. 2-4.

Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisiennne, n° 4.

R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino 3-4.

Soc. des sc. phys. et natur. de Bordeaux. — Extr. des procès-verbaux, pag. 1-8.

Arthur von ETTINGEN et Karl. WEIHRAUSCH, à Dorpat. — *Meteor. Beobachtungen am Jahre 1871 ; 6. Jahrg. Bd. II, Heft 1.*

Séance du 21 mai 1873.

K. k. zoologisch.-botan. Gesellschaft in Wien. — Verhandlungen, Bd. XXII, Jahrg. 1872.

Soc. des sc. de l'agric. et des arts de Lille. — Mémoires, III^e série, vol. X, 1872.

Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni, anno 1873, terzo bimestre.

Conseil fédéral. — Rapport trimestriel n° 2 sur l'entreprise du St-Gothard.

Id. — Rapport mensuel n° 5 sur l'état des travaux.

S.-C. DE COPPET. — Recherches sur la température de congélation des dissolutions salines, leur sursaturation et leur constitution chimique et sur la solubilité de quelques sels à des températures inférieures à 0° c., 1871.

Alf. ROLAND. — Graine de vers à soie. Traité pratique d'éducation en plein air sur le mûrier et en magnanerie. Lausanne 1873.

Rud. WOLF. — *Astronom. Mittheilungen*, März 1873, p. 45-75.

Séance du 26 mai 1873.

Royal Dublin Society. — Journal, vol. VI, n° 2.

Königl. preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Monatsbericht, Januar 1873.

Geological Society of London. — Quarterly Journal, n° 114.

H. BERTSCH. — Das Mass- und Gewichtswesen des Kantons St-Gallen, 2 broch. (Don de M. Fraisse, ingénieur.)

Séance du 4 juin 1873.

Zoological Society of London. — Proceedings for the year 1842. Part II, March-June.

Id. — Index 1861-1870.

War Department, Surgeon general's office, Washington. — Circular n° 3. Report of surgical cas in the army.

Soc. des Ingénieurs civils. — Mémoires, 25^e ann. 3^e et 4^e cah.

Soc. florimantane d'Annecy. — Revue savoisiennne, n° 5.

Soc. helvét. des sc. natur. — Schweiz. meteor. Beobacht., mai 1872.

Acad. royale danoise des sc. et des lett. de Copenhague. — Questions mises au concours pour l'année 1873.

Séance du 18 juin 1873.

Soc. géologique de France. — Bulletin. T. XXIX, nos 5-7, 1872; 3^e série, t. I, nos 1-2, 1873.

Séance du 2 juillet 1873.

Université royale de Norwége. — Aarsberetning for Aaret 1871.

Id. — Recherches sur la chronologie égyptienne, d'après les listes généalogiques, par J. Lieblein.

Id. — Beretning om den almindelige Udstilling, for Tromso Stift.

Université royale de Suède. — On the rise of land in Scandinavia, by S. A. Sexe.

Id. — Bidrag til Kundskaben om Christianiafjordens Fauna; III, G.-O. Sars.

Id. — Die Pflanzenwelt norwegens. Ein beitrage zur Natur- und

Culturgeschichte Nord-Europas, von Dr F.-C. Schübeler (Allgemeiner Theil).

Id. — Forekomster af kise i visse Skifere i Norge , af Amund Helland.

Id. — On some remarkable forms of animal life from the great deeps of the norwegian coast. Mich. Sars ; G.-O. Sars.

Id. — Carcinologiske Bidrag til Norges Fauna, af G.-O. Sars. I, Monographi over de ved Norges Kyster forekommende Mysider.

Gouvernement impérial du Brésil. — Climats , géologie , faune et géographie botanique du Brésil, par Emm. Liais.

Etat d'Arkansas. — Second report of a geological reconnaissance of the southern und middle counties of Arkansas, by David Dale Owen.

Conseil fédéral. — Rapport mensuel n° 6 sur l'état des travaux du St-Gothard.

Id. — Premier rapport du Conseil d'administration du Gothard, du 6 décembre 1871 au 31 décembre 1872.

Senate of the United States. — Annual Report of the Commissioner of patents, for the year 1867.

Soc. malacologique de Bruxelles. — Procès-verbaux des séances. Tome II, 1-50.

Soc. helvét. des sc. natur. — Schweiz. meteor. Beobacht. Juni 1872.

Soc. ouralienne d'amateurs des sc. natur — Bulletin. Tome I, 1^{er} cahier.

Soc. industrielle de Mulhouse. — Bulletin, juin-juillet 1873.

E. PLANTANOUR. — Observations faites dans les stations astronomiques suisses.

Séance du 5 novembre 1873.

Académie royale de Belgique. — Bulletin, 2^e série. Tom. XXXI-XXXIV.

Id. — Centième anniversaire de fondation, 1772-1872. T. 1-2.

Id. — Mémoires couronnés et autres mémoires, in-8°, T. XXII.

Id. — Mém. in -4°. T. XXXIX.

Id. — Annuaire, 1872, 1873.

Oberhessische Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. — 14ter Bericht.

- Circolo geografico italiano.* — Pubblicazioni, anno 1873, 4^o bim.
Verein für Naturkunde zu Zwickau. — Jahresbericht. 1871-72.
K. k. geol. Reichsanstalt. — Jahrbuch. Bd XXIII, N^o 1.
Id. — Verhandlungen, 1873, n^{os} 1-6.
Naturhistorisches Landes-Museum von Kärnten. — Jahrbuch, 11tes Heft.
Naturforsch. Gesellschaft in Basel. — Verhandlungen, 5. Theil, Heft 4.
Commission géodésique suisse. — Procès-verbal de la 12^e séance tenue à l'observatoire de Neuchâtel, le 11 mai 1873.
R. istituto veneto. — Atti. T. II, série quarta, disp. 5-6.
Soc. des sc. phys. et natur. de Bordeaux. — Mémoires. Tome IX, 1^{er} cah. Extrait des procès-verbaux, pag. 9-51.
Soc. imp. des naturalistes de Moscou. — Bull. 1872, n^o 4.
Zool.-miner. Verein in Regensburg. — Correspondenz-Blatt, Jahrgang 26.
Zool. Society of London. — Proceedings, 1872. Part. 3.
Acad. impér. des sc. de St-Petersbourg. — Bulletin, T. XVII, feuilles 27-36; T. XVIII, feuille 1-15.
Acad. des sc., belles-lettres et arts de Lyon. — Mémoires, classe des sciences. Tome XIX.
Soc. d'agr., d'hist. naturelle et arts utiles de Lyon. — Annales. 4^e série. T. III.
Naturw. Verein für Sachsen und Thüringen in Halle. — Zeitschrift. Bd XX, XXII-XL.
Soc. hel. des sc. natur. — Nouveaux mémoires. Bd XXV, 1873.
Naturf. Gesellsch. in Bern. — Mittheilungen, 1872, n^o 792-811.
Acad. des sc., arts et belles-lettres de Dijon. — Mémoires, 2^e série. T. XIV-XVI.
Soc. entomol. de Belgique. — Annales. T. XV.
Soc. helvét. des sc. natur. — Schweiz. meteor. Beobachtungen. Juli-Sept. 1872.
Commission géolog. fédérale. — Matériaux pour la carte géolog. de la Suisse, 12^e livr. Alpes de Fribourg en général et Montsalvens en particulier, par V. Gilliéron.
Id. — Rapport de la Commission géologique.
Id. — Un mot sur la carte géologique de la Suisse.
Soc. impér. des natur. de Moscou. — Bull. 1873, n^o 1.
Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XII. N^o 71.

Naturwissensch. Verein für Sachsen und Thüringen. — Zeitschrift. Bd XLI.

Königl. physik. ökonom. Gesellsch. zu Königsberg. — Schriften. Jahrg. XIII, 2te Abtheil.

K. b. Akad. der Wissensch. zu München. — Sitzungsberichte: Mathem. physik. Classe, 1872, Heft 3; 1873, H. 1. — Phil. philol. u. hist. Classe, 1872, H. 4-5; 1873, H. 1-3.

Id. — Verzeichniss der Mitglieder, 1873.

Id. — Rede in der öffentlich. Sitzung der k. Akademie, am 25 Juli 1873.

Id. — Gedächtnissrede auf Fr.-Ad. Trendelenburg, von Dr Karl von Prantl.

Kongel. Danske Videnskabernes selskabs. — Oversigt. 1872, n° 2.

K. k. geol. Reichsanstalt, Wien. — Jahrbuch. Bd XXIII, n° 2. Verhandlungen, 1873, 7-10.

Institut national genevois. — Bulletin, nos 35 et 36.

Geological Society of London. — Quarterly Journal, n° 115.

Soc. de phys. et d'hist. natur. de Genève. — Mémoires, T. XXII et XXIII, 1^{re} partie.

Soc. des ingénieurs civils. — Mémoires, 26^e année, 1^{er} et 2^e cah.

Soc. industr. de Mulhouse. — Bulletin. Août 1873 avec suppl.

Soc. géolog. de France. — Bulletin. T. XXIX, n° 8; 3^e série, T. 1, n° 3.

Phys. medic. Gesellschaft in Würzburg. — Verhandlungen. Bd III, H. 4.

Deutsch. geolog. Gesellschaft. — Zeitschrift. Bd XXIV, Heft 4; Bd XXV, H. 1.

Königl. preuss. Akad. der Wissenschaften zu Berlin. — Monatsbericht, Febr.-Mai 1873.

Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni. Anno 1873, bim. 5.

Soc. jurassienne d'émulation. — Actes. Session XXIII. — Questions à débattre.

Soc. des sc. natur. de Neuchâtel. — Bulletin. T. IX, 3^e cah.

St.-gallisch. naturwissensch. Gesellschaft. — Bericht über Thätigkeit, 1871-1872.

Königl. baier. Sternwarte. — Annalen. Bd XIX.

Naturforschender Verein in Brünn. — Verhandlungen Bd XI.

Soc. des sc. natur. de l'Yonne. — Bulletin. Vol. XXVII.

Royal geolog. Society of Ireland. — Journal. Vol. XIII, part. 3.

- Geological Survey of India.* — Memoirs, Palæontologia Indica, Cretaceous fauna of southern India. Vol. IV, 1.
- Id.* — Memoirs. Vol. VIII, part. 1-2; vol. IX, part. 1-2.
- Id.* — Records. Vol. V, part. 1-4.
- R. Comitato geologico d'Italia.* — Bolletino, nos 5-6, 7-8.
- Soc. florimontane d'Annecy.* — Revue savoissienne, nos 6-10, 1873.
- Conseil fédéral.* — Rapport trimestriel, n° 3, avril-juin 1873. — Rapports mensuels, nos 7, 9, 10.
- Malvern Naturalists' Club.* — Proceedings, mai 1872; juli, august 1873.
- Soc. entomologique de Belgique.* — Compte-rendu de la séance du 6 septembre 1873.
- AD. QUETELET. — Notices extraites de l'Annuaire de l'Observatoire pour 1873.
- Id.* — Annales météorologiques de 1871.
- Id.* — De l'homme considéré dans le système social, ou comme unité ou comme fragment.
- MAURICE DE TRIBOLET. — Recherches géologiques et paléontologiques dans le Jura neuchâtelois. Neuchâtel 1873.
- PH. MATHERON. — Notice sur les reptiles fossiles des dépôts fluvio-lacustres crétacés du bassin à lignite de Fuveau. Paris 1869. (Don de M. E. Renevier.)
- Id.* — Archives des sciences physiques et naturelles de la Bibliothèque universelle, de 1858-1873, 48 volumes. (Don de M. H. Lude, prof.)
- GOD. LUNEL. — Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman; les trois premières livraisons. (Don de M^{me} Rieu.)
- FIL. PARLATORE. — Le specie dei cotoni, con Tavole, Firenze 1866.
- J. ELIOT-HOWARD. — The Quinology of the East Indian plantations. London 1869.
- VEN. PAYOT. — Géologie et minéralogie des environs du Mont-Blanc, ou statistique des terrains, des roches et des minerais, etc., 1873.
- J.-G.-O. LINNARSSON. — On some fossils found in the Eophyton sandstone at Lugnas in Sweden, Stockholm 1869.
- A. PREUDHOMME DE BORRE. — Y a-t-il des faunes naturelles à la surface du globe, etc.?

Séance du 19 novembre 1873.

- Soc. d'études scientif. d'Angers.* — Bulletin, 2^e année, 1872.
Soc. agric., scient. et litt. des Pyrénées-Orientales. — Vol. XX.
Soc. d'émulation du Doubs. — Mémoires, 4^e série, 6^e vol.
Bristol naturalist's Society. — Proceedings. Vol. VI, 1 2; VII, 1-2.
Soc. linnéenne du Nord de la France. — Bulletin mensuel, n^{os} 5-12, 1872-1873.
Naturforsch. Gesellschaft in Zurich. — Vierteljahrsschrift, Jahrg. 16; Heft 1-4 (double).
Commission géolog. fédérale. — Matériaux pour la carte fédérale, 15^e livr. St-Gothard, une carte; 3 profils.
Id. — Feuille II de la carte Dufour.

Séance du 3 décembre 1873.

- Académie de Stanislas.* — Mémoires, 1872.
Département of Agriculture (U. S.). — Monthly Report for the year 1872.
Commissioner of Agricult. (U. S.). — Report for the year 1871.
American assoc. for the Advanc. of Science. — Proceedings, twentieth Meeting, held at Indianapolis. Aug. 1871.
American philos. Society, Philadelphia. — Proceedings, vol. XII, n^o 89.
Acad. of natural Sciences of Philadelphiu. — Proceedings, 1872. Part. I-III.
Institut royal grand-ducal de Luxembourg. — Publications, t. XIII.
Conseil fédéral. — Rapport mensuel sur l'état des travaux de la ligne du St-Gothard, n^o 11.
Rud. WOLF. — Astronomische Mittheilungen, pag. 77-132.
Gustavus Hinrichs. Jova City :
 The American scientific Monthly, july-dec. 1870.
 The school Laboratory of physical science, 1871, n^{os} 1-4; 1872, 1-4.
 The principles of pure cristallography, 1871.
 The Method of quantitativ-induction in physical Science, 1872.
 The Elements of Physics, 1870.

- Elements of Chemistry and Mineralogy, 1870.
 Contributions to molecular science, 1869, nos 3-4.
 Biographical Sketch of Wilhelm von Haidinger.
 Über der Bau des Quarzes, avec Bemerkungen von W. Ritter von Haidinger.
 Zur Statistik der Krystall-Symmetrie.

Séance du 20 décembre 1873.

- Königl. preuss. Akad. der Wissensch zu Berlin.* — Monatsbericht, Juni-Aug. 1873.
Royal Society of London. — Proceedings, nos 138-145.
Soc. helvét. des sc. natur. — Schweiz. meteor. Beobacht., Oct. 1872.
R. comitato geologico d'Italia. — Bolletino, 9-10.
Circolo geografico italiano. — Pubblicazioni 1873, sesto bimestre.
Geological Society of London. — Quarterly Journal, no 115.
Soc. des naturalistes de la Nouvelle-Russie, à Odessa. — Mémoires, t. II, h. 1.
Soc. indust. de Mulhouse. — Bulletin, octobre 1873.
Naturhist. Gesellschaft zu Hannover. — 21. Jahresbericht 1872.
Soc. de géographie de Genève. — Le Globe, t. XII, liv. 1-3.
Soc. géologique de France. — Bulletin, t. XXIX, p. 645-764.
Soc. florimontane d'Annecy. — Revue savoisienne, no 11.
Senckenbergisch-Naturforsch Gesellschaft. — Bericht, 1872-1873.
Edinburgh geological Society. — Transactions, vol. II, part. II.
Linnean Society. — Journal, Zoology, nos 55, 56.
Id. — Journal, Botany, nos 68-72.
Id. — Proceedings, 1872-1873.
Id. — Additions to the Library. — List of the L. S.
Royal Irish Academy of Dublin. — Transactions, vol. XXIV, part. 16-17; vol. XXV, part. 1-3.
Id. — Proceedings, vol. X, part. 4; vol. I, série II, part. 2-6.
 W. FRAISSE. — Il canal Villoresi ed il lago di Lugano. Rapporto alla municipalità di Lugano, 1873.

Ch. CONTEJEAN. — Etudes de l'étage kimméridien dans les environs de Montbéliard, Paris 1859. (Don de M. E. Renevier.)

Livres achetés.

OPPEL A. und K.-A. ZITTEL. — Palæontologische Mittheilungen aus d. Museum d. k. bayer. States. Bd. I, 112 Tafeln; II, Abth. I, 24 Tafeln in-folio. Stuttgart 1862-1868.

Von ALBERTI, Fr. — Halurgische Geologie, mit 65 Holzsch. Bd 1-2, 1852. Stuttgart und Tübingen.



LISTE
DES
MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES SCIENCES NATURELLES.

(Arrêtée au 31 décembre 1873.)

(Les demandes de rectification — s'il y a lieu — doivent être adressées à
M. le Dr Larguier, secrétaire de la Société.)

A.

ADDOR, pharmacien.
AGUET, Ch^e-Fd, com^e-arpr.
AUBERJONIS, Gust., prop^{re}.

B.

BARBEY, Wm.
BAUVERD, Hri, médecin-dent.
BÉRANECK, Georg^e, chef-d'inst.
BEHRENS, Ch^e, pharm.
BERNEY, Aug^e, Dr.
BERTHOLET, Ch^e, instit^r.
BERTHOLET, Ch^e, Dr.
BLAUDET, Ch^e, Dr.
BIDEAU, Albert.
BIELER, Sam^l, médecin-vét.
BISCHOFF, Henri, prof^r.
BLANCHET, Jacques.
BLUMER-WARNÉRY, Hri.
BOICEAU, Ch^e, avocat.
BOICEAU, Siméon, prop^{re}.
BORGEAUD, Georges-Hri, prof^r.
BOREL, Marc, pharm.
BRÉLAZ, Georges, prof^r.
BRIATTE, Fr^e, anc. c. d'Etat.
BRIÈRE, Adrien, Dr.
BRIÈRE, Victor, Dr.
BRIDEL, Gustave-Albert, ingén.
BROCHER, prof^r.

BRYNER, peintre.
BUENZOD, Eug^e, pharm.
BUGNION, Ch^e, banquier.
BUGNION, Ed^d, Dr.
BURNIER, Henri, Dr.
BURNIER, Fréd., colonel fédéral.
BURNIER, Aug^e, Dr.
BURNIER, Victor, ingén^r.
BUTTICAZ, Ch^e, ingén^r.
BUTTIN, Louis, pharm.
BUVELOT, Victor, instit^r.
BUVELOT, Alexandre.

C.

CAMPART, Louis, past^r.
CARRARD, Alf^d, Dr.
CARRARD, Hri, prof^r.
CAUDERAY, Hⁱ, insp^r des télégr^{es}.
CAUDERAY, Jules, électricien.
CAVIN, Ch^e, prof^r.
CENTURIER, Fréd^e, min^e.
CÉRÉSOLE, Sébastien, Dr.
CHALLAND, Ferd^d, ingén^r.
CHALLAND, Théod^e, ingén^r.
CHASTELLAIN, Jules, pharm.
CHATELANAT, Hri.
CHAUDET, Hri, archite^e.
CHAUSSON, Benjamin, Dr.
CHAVANNES, Aug^e, Dr.
CHAVANNES, Silvius, past^r.

CHAVANNES, Gabriel, ingén^r.
 CHESSEX, Clém^t, ingén^r.
 CLÉMENT, Eug^e, pharm.
 COLLOMB, Ed^d, min^e.
 COLLOMB, Gust^t, fab^t.
 COLOMB, Emile, ingén^r.
 COLOMB, François, notaire.
 CORBOZ, Constant, député.
 CRAUSAZ, pharm.
 CRAUSAZ, Jules, ingén^r.
 CUÉNOUD, Sam^t, direct^r.
 CUÉNOUD, Emile, ingén^r.
 CUÉNOUD, Gustave.
 CURCHOD, Ed^d, forest^r.

D.

DAPPLES, Ch^s, ingén^r.
 DAPPLES, Ern^t, ingén^r.
 DAVALL, Albert, forest^r.
 DE CÉRENVILLE, Dr.
 DE COPPET, Louis, Dr^e ès scien.
 DE GUIMPS, Roger.
 DE LA CRESSONNIÈRE, Ln, pr^{re}.
 DE LA HARPE, Jean, Dr.
 DE LA HARPE, Philippe, Dr.
 DE LA HARPE, Théop^{le}, ingén^r.
 DE LA HARPE, Ch^s, étud.
 DE LA HARPE, Ch^s, négoc.
 DELESSERT, Eug^e.
 DE LOES, Aloïs, forest^r.
 DE LOES, past^r.
 DE LORIOL, Perceval, prop^{re}.
 DE LUC, W^m, prop^{re}.
 DE MESTRAL, offic^r de caval^e.
 DEMOLE, Eug^e, étud.
 DEMOLE, Isaac, prop^{re}.
 DE MONTET, Ch^s, Dr.
 DE MEURON, Al^e.
 DE MEURON, Théod^e, forest^r.
 DE MOLLINS, Jean, Dr^e ès phil^e.
 DE RHAM, W^m, prop^{re}.
 DE ST-GEORGES, Cl^e-W^m, ing^r.
 DE TAVEL, Rod^e, prop^{re}.
 DE VALLIÈRE, Emile, ingén^r.
 DE VOS, Aug^{te}, député.

DÖBELE, Théop^{le}, pharm.
 DOR, Hri, Dr^e-prof^r.
 DORET, David, architecte.
 DOXAT, Ch^s, ingén^r.
 DUBOIX, Em^{le}, Dr.
 DUCRET, Constant, contrôleur.
 DUFOUR, Ch^s, prof^r.
 DUFOUR, Louis, prof^r.
 DUFOUR-GUISAN, Louis, instit^r.
 DUFOUR, Marc, Dr.
 DUFOUR, Alf^d, avocat.
 DU GUÉ, Ch^s, Dr.
 DUMUR, Victor, Dr.
 DUPERRER, Jules, prof^r.
 DUPERTUIS, Benjamin, past^r.
 DU PLESSIS, Théod^e, préfet.
 DU PLESSIS, Georges, Dr.
 DUPONT, Emile, Dr.
 DUTOIT, A^m, banquier.

E.

EMERY, Alf^d, ingén^r.

F.

FALGUIÈRE, Ed^d, prop^r.
 FATIO, Victor, Dr^e ès phil.
 FAVRAT, Louis, prof^r.
 FAVRE, Alph^e, prof^r.
 FAYOD, Francis, étud^t.
 FEYLER, Ad^e, pharm.
 FEYLER, Alf^d, pharm.
 FONTANNAZ, médecin-vét.
 FOREL, Franc^s, avocat.
 FOREL, Franc^s, prof^r.
 FOREL, Aug^{te}, Dr.
 FRAISSE, W^m, ingén^r.
 FRANCILLON, Mc^e, Dr.
 FRANCILLON, Emm^t, agron.
 FRÉLICH, Louis, chef d'inst.

G.

GALANDAT, Jules, comm^{re}-arp^r.
 GARIN, Aug^{te}, Dr.
 GAULIS, Rod^e, ingén^r.

GAUDIN, Dr.
 GAY, Jean, prof.
 GOLL, Hermann, négoc.
 GONET, Jac^{es}, proc.
 GONIN, Louis, ingén.
 GOWTHORP, Ch^e, insp^r S.-Occ.
 GRENIER, Ch^e, négoc.
 GROS, Emile, médecin-vét.
 GUXE, Héli, médecin-vét.
 GUILLEMIN, Etienne, ingén.
 GUINAND, Elie, archit.
 GUIBAN, René, ingén.

H.

HEER, Sam^l, phot.
 HIRZEL, Hri, direct^r de l'Asile.
 HOCHREUTINER, Dr.
 HOLLARD, Alois.
 HUC-MAZELET, Jean, ingén.
 HUMBERT, Alois.

I.

ISLER, Hri, Dr ès sciences.

J.

JAIN, Ferd^d, Dr.
 JAUARD, prof.
 JAVELLE, Emile, prof.
 JAYET, André, avocat.
 JOEL, Franc^s, Dr.
 JOHANNOT, Jules, min.
 JOLY, Pierre, inspect.

K.

KAMM, Hri, prop.
 KAUPERT, Fréd^c, avocat.
 KLUNGE, M^{co}, pharm.
 KLUNGE, Al^d, pharm.
 KLUNGE, G^{co}, min.
 KOCH, Ern^t, ingén.
 KOCH, Aug^{te}, forest.
 KRAFFT, pharm.
 KRAFFT, Ed^d, chef d'inst.
 KURSTEINER, Jean, méd.-dent.

L.

LARGUIER DES BANCELS, J., Dr.
 LAURENT, Franc^s, ingén.
 LE BLANC, L^s.
 LERESCHE, L^s, min.
 LERESCHE, Gust^e, instit.
 LOCKERT, G^{co}, chirurgien-dent.
 LOCHMANN, Jean-J^e, ingén.
 LOMMEL, Georg^s, ingén.
 LOWIS, Constantin.
 LUDE, Alex^e, prof.

M.

MALHERBE, Dr.
 MALLET, Ch^e, forest.
 MANUEL, Hri, négoc.
 MARCEL, Ch^e, Dr.
 MARGOT, Hri, instit.
 MARGUERAT, Ch^e, past.
 MARGUET, Jules, prof.
 MARTIN, Sig^d.
 MARTIN, Hri, médecin-orth.
 MARTIN, Elisée, pharm.
 MARTINET, Léon, pharm.
 MATTHEY, instit.
 MAYOR, L^s, instit.
 MELLET, pharm.
 MERMOD, L^s, horl.
 MEYER, Jean-Pro^e, ingén.
 MONNERAT, Franc^s.
 MONNET, L^s, secrét.
 MONNIER, pharm.
 MONOD, Constantin.
 MORAX, Jean-M^c, Dr.
 MOREL, Gust^e, comm^{ro}-arp.
 MULLER, Eug^e, Dr.

N.

NÆF, Ant^e-Franc^s, past.
 NESTLÉ, Hri, chim.
 NICATI, Comst^s, Dr.
 NOGUET-HUGONET, recev.
 NUSSBAUM, Ch^e, chef d'inst.

O.

ŒTLI, Jaq^s, instit^r.
OLIVIER, Gust^e, chef d'inst^t.

P.

PACCAUD, Emile, intend^t.
PANCHAUD, Ed^d, ancien past^r.
PAYOT, D^t, ancien instit^r.
PAYOD, Venance, natur^{to}.
PELET, L^s, instit^r.
PERDONNET, Gust^e, prop^{re}.
PEREY, L^s, Dr.
PEREY, Victor, ingén^r.
PETER, pharm.
PICCARD, Jules, comm^{re}-gén^l.
PICCARD, Paul, prof^r.
PICCARD, Rod^e, peintre.
PILET-VUILLEMIN, Fritz, min^o.
POTTERAT, Denis, médecin-vét.
PUENZIEUX, Ad^e, forest^r.

R.

RAPIN, Hri, Dr.
RECORDON, Fritz, Dr.
REDARD, Ch^s, comm^{re}-arp^r.
REITZEL, Aug^{to}, instit^r.
RENEVIER, Eug^e, prof^r.
REVERCHON, Aug^{to}, ingén^r.
REVILLIOD-DE MURALT, Al^s, pr^e.
REY, Gust^e, étudiant.
REYMOND, pharm.
REYMOND, Lucien, député.
RHEM, pharm.
RISLER, Eug^e, agronome.
RIST, Dr.
RIVIER, L^s, ingén^r.
ROCHAT, L^s, instit^r (Yverdon).
ROCHAT, Sam^l, ingén^r.
ROCHAT, L^s, instit^r (Aubonne).
RODIEUX, Alf^d, ingén^r.
ROSSETTI, Démètre, étud^t.
ROSIN, Jean-Félix, prop^{re}.
ROSSET, Hri, instit^r.
ROSSIER, Dr.

ROSSIRE, César, ingén^r.
ROUGE, L^s, Dr.
ROUX, Fréde^e, pharm.
ROUX, L^s, prof^r ingén^r.

S.

SCHMIDT, André, phot^e.
SCHMIDT, Ed^d, pharm.
SCHNETZLER, J.-B., prof^r.
SCHUSSLER, Hri G^d, instit^r.
SECRETAN, Ch^s, Dr.
SILLIG, Ed^d, instit^r.
SILLIG, Edwin, instit^r.
SOLDAN, Gust^e, prof^r.
SOUTTER, Ad^e, pharm.
SUCHARD, Dr.

T.

TALLICHET, Edouard.
THOMAS, J.-L., botan^{to}.
TREUTHARDT, Alf^d, prop^{re}.
TZAUT, prof^r.

V.

VALLOTTON, Jaq^s, not^e.
VAUTIER, Alph., ingén^r.
VERNET, Hri, Dr ès phil^o.
VETTER, Jn-J^s, inst^r.
VILLARD, M^e-Hri, instit^r.
VIONNET, Paul, past^r.
VITTOZ, Jean, instit^r.
VITTEL, Ed^d, pharm.
VULLIET, Paul, instit^r.

W.

WALTHER, chim^{to}.
WIENER, Hermann, prof.

Z.

ZIMMER, Georg^s, Dr.
ZIMMER, Hri, Dr.

Membres honoraires.**ANDREWS**, Sir., Dublin.**ARGELANDER**, prof^r, Bonn.**BOTTO**, prof^r, Turin.**DE BARRI**, Halle.**DE CANDOLLE**, prof^r, Genève.**DE FELLEBERG**, prof^r, Berne.**DE QUATREFAGES**, prof^r, Paris.**DESOR**, prof^r, Neuchâtel.**D'OMALIUS D'HALLOY**, Bruxelles.**DOVE**, prof^r, Berlin.**DUFOUR**, G^e-H., gén^l, Genève.**FAVRE**, Alph^e, prof^r, Genève.**HAGENBACH**, prof^r, Bâle.**HEER**, Osw., prof^r, Zurich.**HIRSCH**, direct^r de l'Observat^{re},
Neuchâtel.**HIS**, prof^r, Bâle.**KOELLIKER**, prof^r, Würzburg.**KOPP**, Em^e, prof^r, Zurich.**LAMONT**, prof^r, Munich.**LLOYD**, prof^r, Dublin.**MAHMOUD-BEY**, dr^e de l'Or^e, Caire.**MARTINS**, prof^r, Montpellier.**MERIAN**, prof^r, Bâle.**MOUSSON**, prof^r, Zurich.**OWEN**, prof^r, Londres.**PARLATORE**, prof^r, Florence.**PLANCHON**, prof^r, Montpellier.**PLANTAMOUR**, dr^e de l'Observat^{re},
Genève.**PLATEAU**, prof^r, Gand.**PHILIPPS**, prof^r, Dublin.**QUETELET**, prof^r, Bruxelles.**REGNAULT**, prof^r, Paris.**RIESS**, prof^r, Berlin.**RUTIMAYER**, prof^r, Bâle.**SABINE**, général, Woolwich.**SCHIMPER**, insp^r du Musée,
Strasbourg.**SIMONY**, prof^r, Vienne.**SCHUTTLEWORTH**, prof^r, Berne.**STEENSTRUP**, prof^r, Copenhague**STUDER**, prof^r, Berne.**SWANBERG**, prof^r, Upsal.**TRANSON**, prof^r, Paris.**TREVISAN**, chevalier, Padoue.**TYNDALL**, prof^r, Londres.**VON MEYER**, Francfort-s/M.**WARTMANN**, prof^r, Genève.**WHEATSTONE**, prof^r, Londres.**WILD**, directeur de l'Observat^{re},
St-Petersbourg.**WOLF**, prof^r, Zurich.

LISTE

DHS

Sociétés correspondant avec la Société Vaudoise des Sciences naturelles.

- Altenburg. — Naturforschende Gesellschaft.
Berlin. — Deutsche geologische Gesellschaft.
Berlin. — Physikalische Gesellschaft.
Berlin. — Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften.
Berlin. — Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg.
Bonn. — Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande.
Bremen. — Naturwissenschaftlicher Verein.
Carlsruhe. — Naturwissenschaftlicher Verein.
Cassel. — Verein für Naturkunde.
Darmstadt. — Verein für Erdkunde und verwandte Wissensch.
Frankfurt a/M. — Senckerbergische naturforschende Gesellschaft.
Freiburg i/B. — Naturforschende Gesellschaft.
Giessen. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
Greifswald. — Naturwissenschaftlicher Verein von Neu Pommern
und Rügen.
Halle. — Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen u. Thüringen.
Hanau. — Wetterauische Gesellschaft für Naturkunde.
Hannover. — Naturhistorische Gesellschaft.
Heidelberg. — Naturhistorisch-medizinische Gesellschaft.
Königsberg. — Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft.
Mannheim. — Verein für Naturkunde.
München. — Münchner Sternwarte : Lamont, Directr.
München. — Königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.
Offenbach. — Verein für Naturkunde.
Dürkeim. — Pollulua Naturwissenschaftlicher Verein der bayer.
Pfalz.
Regensburg. — Zoologisch-mineralogischer Verein.
Stuttgart. — Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg.
Wiesbaden. — Verein für Naturkunde in Nassau.

- Würzburg.** — Physikal-médizinische Gesellschaft.
Brünn. — Naturforschender Verein.
Græz. — Verein der Ärzte.
Græz Steiermark. — Naturwissenschaftlicher Verein.
Klagenfurt. — Naturhistorisches Landes-Museum.
Presburg. — Verein für Naturkunde.
Wien. — Oesterreichischer Alpen-Verein.
Wien. — K. k. geologische Reichsanstalt.
Wien. — K. k. geographische Gesellschaft.
Wien. — Zoologisch- botanische Gesellschaft.
Wien. — Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse.
- Boston.** — American Academy of Arts and Sciences.
Boston. — Natural history Society.
Cambridge (Massachuset). — Museum of comparative Zoology.
Cambridge (Massachuset). — American association for the advancement of Science.
Chicago. — Academy of Sciences.
New-Hawen (Connect.) — Connecticut Academy of Arts and Sciences.
New-York. — Lyceum of Natural history.
Philadelphie. — Academy of natural Science.
Philadelphie. — American philosophical Society.
Philadelphie. — Wagner free Institute of Science.
Salem (Massachuset). — Essex Institute.
St-Louis. — Academy of Science.
Washington. — Departement of agriculture.
Washington. — War Departement Surgeon general's office.
Washington. — National Academy of Sciences.
Washington. — Smithsonian Institution.
- Amsterdam.** — Koninklijke Akademie van Wettenschappen.
Amsterdam. — Société royale de zoologie.
- Bruxelles.** — Académie Royale de Belgique.
Bruxelles. — Société malacologique.
Bruxelles. — Société entomologique.

Luxembourg. — Société des sciences naturelles. — Institut royal grand ducal.

Calcutta. — Geological Survey of India.

Dublin. — Royal geological Society.

Dublin. — Geological Society of Ireland.

Dublin. — Natural history Society.

Dublin. — Royal Irish Academy.

Dublin. — Royal Society.

Edinburgh. — Geological Society.

London. — Linnean Society.

London. — Geological Society.

London. — Geological Survey of Great Britain.

London. — Royal Society.

London. — Zoological Society.

Manchester. — Litterary and philosophical Society.

Bristol. — Naturalist's Society.

Copenhagen. — Skandinaviske naturforskeves.

Copenhagen. — Kongl. Danske videnskabernes Selskabs.

Dorpat. — Naturforscher gesellschaft.

Moscou. — Société impériale des naturalistes.

Odessa. — Société des naturalistes de la nouvelle Russie.

St-Petersbourg. — Académie impériale des sciences.

St-Petersbourg. — Observatoire physique central de Russie.

Ekatherinebourg. — Société ouralienne d'amateurs des sciences naturelles.

Abbeville. — Société d'émulation.

Amiens. — Société linnéenne du nord de la France.

Angers. — Société d'études scientifiques.

Angers. — Société académique de Maine et Loire.

Annecy. — Association florimontane.

Auxerre. — Société des sciences historiques et naturelles.

Bordeaux. — Société des sciences historiques et naturelles.

Besançon. — Société d'émulation du Doubs.

Cæn. — Société linnéenne de Normandie.

Chambéry. — Société royale académique, puis Académie royale, impériale.

Cherbourg. — Société impériale des sciences naturelles.

Colmar. — Société d'histoire naturelle.

Dijon. — Académie.

Le Mans. — Société d'agriculture et des arts.

Lille. — Société royale impériale des sciences de l'agriculture et des arts.

Lyon. — Académie impériale.

Lyon. — Société impériale d'agriculture, d'histoire naturelle et des arts utiles.

Lyon. — Société d'agriculture.

Lyon. — Société linnéenne.

Marseille. — Société de statistique.

A. Mulhouse. — Société industrielle.

Nancy. — Société royale des sciences, lettres et arts, puis Académie de Stanislas.

Paris. — Société des ingénieurs civils.

Paris. — Société géologique de France.

Paris. — Revue et magasin de zoologie pure et appliquée par Guérin Mèneville.

Perpignan. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées orientales.

Christiana. — Observatorium.

Christiana. — Université royale de Norwège.

Stockholm. — Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien.

Upsal. — Societas Regia scientiarum.

Upsal. — Kongl. Vetenskaps Societeten.

Aarau. — Naturforschende Gesellschaft.

Bâle. — Naturforschende Gesellschaft.

Berne. — Société helvétique des sciences naturelles et commission géologique.

Berne. — Naturforschende Gesellschaft.

Coire (Chur). — Naturforschende Gesellschaft.

Frauenfeld. — Naturforschender Verein.

Genève. — Société de physique et d'histoire naturelle.

Genève. — Institut national genevois.

Genève. — Société de géographie.

Lausanne. — Société vaudoise des sciences naturelles.

Neuchâtel. — Société des sciences naturelles.

Porrentruy. — Société jurassienne d'émulation.

St-Gall. — Naturforschende Gesellschaft.

Zurich. — Naturforschende Gesellschaft.

Florence (Firenze). — Reale Comitato geologico d'Italia.

Milan (Milano). — Reale Istituto Lombardo.

Milan (Milano). — Società geologica, puis Società italiana di scienze naturali.

Modène (Modena). — Società dei Naturalisti.

Turin (Torino). — Circolo geografico italiano.

Venise (Venezia). — Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti.



RÈGLEMENT

POUR LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

adopté dans les assemblées générales du 28 décembre 1872
et du 18 janvier 1873.



TITRE I.

Dispositions générales. But de la Société.

ARTICLE PREMIER. La Société vaudoise des sciences naturelles a pour but l'étude et le progrès des sciences naturelles.

ART. 2. Le siège de la Société est à Lausanne.



TITRE II.

Constitution et administration de la Société.

CHAPITRE I.

Des Membres.

ART. 3. La Société se compose de membres effectifs et de membres honoraires.

ART. 4. Celui qui désire être reçu membre effectif adresse sa demande au Président, par une lettre contre-signée par un membre de la Société.

La candidature est annoncée dans deux séances consécutives et l'admission est proclamée à la seconde séance, si aucune demande de scrutin secret n'est faite.

S'il y a votation, l'admission a lieu à la majorité des deux tiers des membres présents.

ART. 5. Les membres des sociétés correspondantes et ceux de la Société helvétique des sciences naturelles, en séjour dans le canton, prennent part de droit aux travaux scientifiques de la Société.

ART. 6. L'exclusion d'un membre ne pourra être prononcée que dans une assemblée générale, au scrutin secret et à la majorité des deux tiers des voix.

Le refus de contribution est considéré comme une démission.

ART. 7. La Société accorde le titre de membre honoraire à des personnes dont la réputation scientifique est établie. Leur nombre ne peut dépasser cinquante.

ART. 8. Aucun Vaudois ou Suisse, résidant dans le canton, ne peut être nommé membre honoraire.

ART. 9. Tout membre effectif peut faire des présentations pour

le choix des membres honoraires. Il doit le faire en adressant au Président une lettre qui énumère les titres scientifiques du candidat proposé.

L'élection a lieu à l'assemblée générale de juin, à la majorité absolue des membres présents, ensuite d'un préavis du Comité.

CHAPITRE II.

Du capital social.

ART. 10. Le capital social, provenant pour la somme de 74,438 fr. 50 du généreux legs de feu Gabriel de Rumine, ne peut être abaissé au-dessous de 75,000 francs sans une décision de l'assemblée générale, prise dans la forme prévue pour la modification du règlement.

ART. 11. Un règlement spécial, élaboré par le Comité et adopté par l'assemblée générale, règle tout ce qui concerne la gestion des capitaux de la Société et la compétence financière du Comité.

CHAPITRE III.

Des contributions.

ART. 12. Les membres effectifs paient une contribution d'entrée et une contribution annuelle fixées chaque année par l'assemblée générale.

ART. 13. Les candidats reçus depuis le 1^{er} novembre ont la faculté de ne pas payer la contribution de l'année courante, mais dans ce cas ils ne reçoivent pas les Bulletins parus dans l'année.

ART. 14. Les membres absents du pays peuvent se libérer de la contribution annuelle en renonçant à recevoir le Bulletin.

CHAPITRE IV.

De l'assemblée générale.

ART. 15. L'assemblée générale se compose de tous les membres effectifs présents à la séance.

Les membres honoraires ont voix consultative.

L'assemblée est présidée par le Président du Comité.

ART. 16. L'assemblée générale est convoquée par circulaire, avec indication des objets à l'ordre du jour.

ART. 17. Il y a, chaque année, deux assemblées générales ordinaires coïncidant, l'une avec la seconde séance de décembre, l'autre avec la seconde séance de juin. Cette dernière a lieu, au moins tous les deux ans, ailleurs qu'à Lausanne.

ART. 18. L'assemblée générale peut être convoquée à l'extraordinaire par le Comité. Elle doit l'être sur la demande écrite de vingt membres.

ART. 19. Les objets ci-après sont réservés à la compétence de l'assemblée générale :

- a) La nomination du Comité et des commissaires vérificateurs ;
- b) La nomination des membres honoraires ;
- c) La passation des comptes annuels ;
- d) Les changements à apporter aux règlements ;
- e) La dissolution de la Société ;
- f) Toutes les questions en dehors de la compétence du Comité et qui ne sont pas de simple administration.

CHAPITRE V.

De l'administration de la Société.

ART. 20. L'administration de la Société est confiée à un Comité de cinq membres.

ART. 21. Le Président et le Vice-Président de ce Comité sont nommés, chaque année, au scrutin secret dans l'assemblée générale de décembre.

Le Président n'est pas immédiatement rééligible.

Les trois autres membres du Comité, parmi lesquels celui-ci désigne son secrétaire, sont également nommés au scrutin secret par l'assemblée générale de décembre pour trois ans. Chaque année l'un de ces membres est soumis à réélection.

ART. 22. Le Comité est chargé :

- a) De la direction de la Société au point de vue scientifique ;
- b) De l'administration de la Société ;
- c) De la gestion des capitaux ;
- d) De la convocation de l'assemblée générale ;
- e) De la nomination de l'Editeur du Bulletin, du Caissier et du Bibliothécaire.

Il présente chaque année à l'assemblée générale un rapport sur la marche et la situation de la Société.

ART. 23. Les fonctions de membres du Comité sont gratuites. Toutefois les membres du Comité qui n'habitent pas Lausanne reçoivent une indemnité pour leurs frais de déplacement.

ART. 24. L'Editeur du Bulletin, le Caissier et le Bibliothécaire sont nommés pour trois ans , parmi les membres de la Société. Ils sont rééligibles.

ART. 25. Le Caissier est chargé de l'encaissement des recettes et du payement des dépenses.

ART. 26. Le Bibliothécaire est chargé de la distribution et de la conservation des livres de la bibliothèque , et du soin des archives.

ART. 27. Les fonctions d'Editeur du Bulletin , de Caissier et de Bibliothécaire peuvent être rétribuées en suite de décisions de l'assemblée générale.

CHAPITRE VI.

Des commissaires vérificateurs.

ART. 28. Chaque année , l'assemblée générale de décembre nomme trois commissaires , chargés de vérifier les comptes , de faire une inspection de la bibliothèque , et de présenter à l'assemblée générale un rapport écrit sur leur mission.

— — — — —

TITRE III.

Des travaux scientifiques de la Société.

CHAPITRE I.

Des séances.

ART. 29. La Société se réunit en séance ordinaire deux fois par mois, du 1^{er} novembre au 30 juin, et une fois dans le mois de juillet.

Ces séances ont lieu à Lausanne, sauf la réserve prévue à l'article 17.

CHAPITRE II.

Du Bulletin.

ART. 30. La Société publie un Bulletin préparé par l'Editeur sous la direction générale du Comité.

ART. 31. Sauf recours à la Société, le Comité pourra refuser l'insertion d'un article ou mémoire, mais la rédaction ne pourra, en aucun cas, être modifiée que du consentement de l'auteur.

ART. 32. Le Comité peut autoriser la publication, dans le Bulletin, de travaux originaux émanant de savants étrangers à la Société.

ART. 33. Les auteurs pourront faire faire un tirage à part de leurs écrits.

ART. 34. Un règlement spécial, élaboré par le Comité et adopté par l'assemblée générale, règle ce qui concerne la publication du Bulletin, le prix des livraisons, et la participation que la Société prend aux tirages à part faits par les auteurs.

CHAPITRE III.

De la Bibliothèque.

ART. 35. Les livres donnés à la Société , obtenus en échange ou acquis par elle, constituent sa Bibliothèque.

ART. 36. La liste des ouvrages reçus est communiquée à la Société dans chaque séance.

ART. 37. Les membres effectifs ou honoraires ont droit à la jouissance de la bibliothèque.

ART. 38. Un règlement spécial , élaboré par le Comité , et adopté par l'assemblée générale , règle ce qui a trait à l'usage de la Bibliothèque.

CHAPITRE IV.

Du Fonds de Rumine.

ART. 39. Une somme de six cents francs est consacrée annuellement à la bibliothèque, sous le nom de FONDS DE RUMINE.



TITRE IV.

Changements aux règlements et dissolution de la Société.

ART. 40. Aucun changement ne peut être apporté aux présents règlements que par décision de l'assemblée générale , prise à la majorité des deux tiers des membres effectifs présents , ensuite d'un préavis du Comité ou d'une Commission nommée à cet effet par l'assemblée.

La lettre de convocation doit mentionner cet objet à l'ordre du jour.

ART. 41. La dissolution de la Société ne pourra être prononcée qu'à la majorité des deux tiers des membres effectifs présents à l'assemblée générale convoquée spécialement dans ce but.

ART. 42. En cas de dissolution de la Société, l'actif social ne pourra être détourné de sa destination, et devra être affecté à un but d'utilité publique en faveur du progrès des sciences naturelles dans le canton de Vaud.

Adopté en assemblée générale le 18 janvier 1873.

W. FRAISSE.

Secrétaire.

D^r F.-A. FOREL.

Président.



RÈGLEMENTS SPÉCIAUX
POUR
l'Administration financière, le Bulletin et la Bibliothèque
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES.

Adoptés par l'Assemblée générale du 26 mai 1873.

RÈGLEMENT
pour l'Administration financière.

ARTICLE PREMIER. Le Capital social ne peut être abaissé au-dessous de la somme de 75,000 francs, fixée par l'art. 10 du Règlement général, sans une décision de l'Assemblée générale prise dans la forme prévue, pour la modification du règlement.

ART. 2. La gestion de ce capital est confiée au Comité, qui en rend compte chaque année à l'Assemblée générale de juin.

ART. 3. Le Capital est représenté :

- a) par des titres hypothécaires en premier rang.
- b) par des obligations suisses présentant de bonnes garanties,
- c) par des actions garanties par l'Etat.

ART. 4. Les titres de la Société sont déposés par le Comité à la Banque cantonale vandoise. Les mutations des titres sont faites à la Banque, sur présentation d'un extrait du procès-verbal du Comité, signé par le Président et par le Secrétaire.

ART. 5. Le Comité a, dans sa compétence, les dépenses ordinaires, pour l'administration de la Société, pour la publication du Bulletin et pour l'entretien de la Bibliothèque.

ART. 6. L'Assemblée générale décide les dépenses qui résultent de la participation de la Société à des études ou à des entreprises scientifiques.

Elle peut allouer chaque année au Comité une somme déterminée, pour l'acquisition de livres destinés à la Bibliothèque, en dehors de la somme de *six cents francs*, prévue à l'art. 39 du règlement général (fonds de Rumine).

ART. 7. Le Caissier est nommé par le Comité pour trois ans, parmi les membres de la Société; il est chargé de l'encaissement des Recettes et du paiement des Dépenses (Règl. gén., art. 24 et 25).

Il perçoit les contributions annuelles, en séance jusqu'au premier avril, et par remboursement postal avant l'Assemblée générale de juin.

Il acquitte les notes de dépenses, après qu'elles ont été ordonnancées par le Comité.

Il perçoit également les intérêts et les revenus des valeurs appartenant à la Société.

ART. 8. Les sommes disponibles sont déposées en compte-courant, tous les trois mois au moins, sous la responsabilité du Caissier.

ART. 9. Le Caissier présente tous les trois mois un état de la Caisse au Comité.

ART. 10. Il est alloué au Caissier une provision fixée par l'Assemblée générale, sur la proposition du Comité.

ART. 11. Le Secrétaire transmet au Caissier l'indication des nouveaux membres, ainsi que les démissions; celui-ci communique lui-même ces indications à l'expéditeur du bulletin.

ART. 12. L'Editeur du bulletin communique au Caissier l'indication des sommes à percevoir des auteurs, pour les frais de tirage à part en dehors de ceux que la Société prend à sa charge.

ART. 13. Le Caissier tient un registre des membres de la Société, renfermant les sommes perçues annuellement de chacun d'eux comme contribution d'entrée, comme contribution annuelle, ou comme remboursement de tirages à part.

Il tient également la Comptabilité générale de la Société, qu'il soumet au Comité avec les pièces justificatives, avant de les présenter aux Commissaires vérificateurs (Règl. gén. art. 28).

Adopté dans l'Assemblée générale du 26 mai 1873.

Le Président,

Et. GUILLEMIN, ing.

Le Secrétaire,

J. LARGUIER, doct.



RÈGLEMENT

pour le Bulletin.

ARTICLE PREMIER. La Société publie un Bulletin préparé par l'Editeur sous la direction générale du Comité.

ART. 2. Tout ce qui concerne la forme à donner au Bulletin, et la disposition des matières qu'il renferme, est décidé par le Comité sur le préavis de l'Editeur.

Toutefois, si un membre de la Société en fait la demande, les questions de cet ordre pourront être discutées et décidées par l'Assemblée générale.

ART. 3. Sauf recours à la Société, le Comité pourra refuser l'insertion d'un article ou d'un mémoire ; mais la rédaction ne pourra, en aucun cas, être modifiée sans le consentement de l'auteur.

ART. 4. Le Comité peut autoriser la publication dans le Bulletin, de travaux originaux émanant de savants étrangers à la Société.

ART. 5. Les auteurs peuvent obtenir un tirage à part de leurs écrits. La Société en prend les frais à sa charge jusqu'à concurrence de 200 exemplaires, y compris le brochage et une couverture non imprimée.

Les remaniements extra sont à la charge des auteurs.

Pour faire un tirage à part supérieur à trois cents exemplaires, les auteurs doivent obtenir une autorisation spéciale du Comité. Celui-ci peut, dans ce cas, supprimer en tout ou en partie la participation financière de la Société.

ART. 6. Ont droit au Bulletin : 1° les Membres effectifs; 2° les Membres honoraires; 3° les Sociétés correspondantes.

Conformément à la loi, deux exemplaires du Bulletin sont déposés à la Chancellerie cantonale.

ART. 7. Le prix d'abonnement, pour les personnes étrangères, est égal à la contribution annuelle des membres de la Société.

ART. 8. Chaque numéro peut être vendu séparément. Le prix en est inscrit sur la couverture; il est réduit de un tiers pour les sociétaires et de un quart pour la librairie. — Ce prix est calculé sur les bases suivantes :

Deux centimes pour chaque page d'impression ;

Cinq centimes pour une gravure dans le texte ;

Vingt-cinq centimes pour un tableau hors du texte ;

Vingt-cinq centimes pour une planche in-8° non coloriée ;

Les planches coloriées ou de grandes dimensions sont comptées à proportion de leur coût.

ART. 9. Un numéro ne peut être vendu séparément lorsque la Société n'en possède plus que trente exemplaires.

Adopté dans l'Assemblée générale du 26 mai 1873.

Le Président,

Et. GUILLEMIN, ing.

Le Secrétaire,

J. LARGUIER, doct.



RÈGLEMENT

pour la Bibliothèque.

ARTICLE PREMIER. La Bibliothèque de la Société se compose :

- a) De livres donnés à la Société, ou reçus en échange du Bulletin, ou acquis par elle. (Règl. gén., art. 35).
- b) D'ouvrages achetés avec le fonds de Rumine (art. 39), formant une section distincte sous le titre de *Bibliothèque de Rumine*.

ART. 2. Tous les livres reçus ou achetés sont inscrits dans un journal spécial et sont timbrés avant d'être mis en lecture, comme il est dit à l'article 16 du présent règlement.

Un sceau spécial est apposé sur les ouvrages de la Bibliothèque de Rumine.

ART. 3. La liste des ouvrages reçus ou achetés est communiquée à la Société dans chaque séance. (Règl. gén., art. 36).

ART. 4. Un catalogue sur cartes, par ordre alphabétique des noms d'auteurs, classe les ouvrages qui sont en dehors des publications ordinaires des Sociétés correspondantes.

ART. 5. Un registre spécial indique l'état plus ou moins complet des publications reçues par échange, et l'indication des réclamations réciproques faites pour les compléter

ART. 6. Un registre particulier, déposé à la Bibliothèque et apporté dans chaque séance, est destiné aux inscriptions de titre d'ouvrages, par les membres qui en désirent l'acquisition.

ART. 7. Après avoir entendu le Bibliothécaire, le Comité fait l'acquisition des ouvrages, en tenant compte des vœux inscrits

par les membres dans le registre prévu à l'article précédent, et dans les limites du crédit alloué chaque année dans ce but.

ART. 8. Les membres effectifs et honoraires ont droit à la jouissance de la Bibliothèque (Règl. gén., art. 37), soit à quatre volumes pour un terme de deux mois. — Ceux qui se livrent à des travaux spéciaux peuvent obtenir un plus grand nombre de volumes et pour un temps plus long, avec l'autorisation du Comité.

ART. 9. Une étiquette spéciale indique les ouvrages qui ne peuvent être sortis de la Bibliothèque.

ART. 10. Le Bibliothécaire expédie franco aux membres domiciliés hors de Lausanne, les livres qu'ils demandent par lettre affranchie.

ART. 11. Les ouvrages doivent être retournés franco à la Bibliothèque au temps prescrit à l'article 8 ; s'il y a retard, le Bibliothécaire réclame par lettre dans les dix jours suivants. — Les retardataires sont passibles d'une amende de 50 centimes par volume pour chaque nouvelle réclamation du Bibliothécaire, faites à dix jours d'intervalle.

ART. 12. Les livres égarés ou dégradés sont remplacés aux frais des détenteurs.

ART. 13. Le Bibliothécaire est nommé pour trois ans par le Comité, parmi les membres de la Société. (Règl. gén., art. 22 et 24).

Il reçoit un traitement, fixé par l'Assemblée générale ensuite d'un préavis du Comité (Règl. gén., art. 27).

ART. 14. Le Bibliothécaire est chargé de la distribution et de la conservation des livres de la Bibliothèque et du soin des archives. (Règl. gén., art. 26).

Il accuse réception des envois aux Sociétés qui tiennent à cette formalité.

Il fait relier les livres d'après les indications du Comité.

Il a compétence pour les menues dépenses qui dépendent de son emploi.

ART. 15. Chaque année, la Commission prévue à l'art. 28 du règlement général, fait l'inspection de la Bibliothèque.

ART. 16. Le local de la Bibliothèque renferme une salle de lecture, où les livres nouveaux restent déposés deux mois avant de pouvoir en sortir, sauf autorisation spéciale.

ART. 17. La Bibliothèque est ouverte chaque semaine, aux heures et jours fixés par le Comité et indiqués dans la carte annuelle.

La Bibliothèque est, dans tous les cas, ouverte dans l'après-midi des jours de réunion de la Société, sauf pendant le temps consacré à la séance.

ART. 18. La Bibliothèque est fermée du 15 juillet au 20 août, et pendant le mois d'octobre. — Si le Bibliothécaire doit s'absenter en d'autres temps, il se fait remplacer sous sa responsabilité.

ART. 19. Tous les trois ans, il est fait une révision générale de la Bibliothèque, avant l'expiration des fonctions du Bibliothécaire. — Cette révision pourra d'ailleurs être faite en tout temps par la Commission indiquée à l'article 28 du règlement général.

Approuvé dans l'Assemblée générale du 23 mai 1873.

Le Président,
Et. GUILLEMIN, ing.

Le Secrétaire,
J. LARGUIER, doct



I. TABLE DES MATIÈRES DU VOL XII.

(Bulletins 69-71.)

A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES.

Bibliothèque. — Bibliothécaire, p. 322; traitement, p. 457; local, p. 331. — Livres reçus, p. 335, 490. — Dons, p. 331, 333, 475.

Bulletin. — Editeur, p. 322.

Bureau. — Maintenu provisoirement, p. 181; élection pour 1873, p. 200; compétence pour dépenses, p. 201; élection pour 1874, p. 486.

Caisse. — Caissier, p. 325; traitement, p. 458; — p. 456, 486.

Commissions. — de gestion, p. 201, 457, 487; — météorologique, p. 181, 191; termine sa mission, p. 446.

Décès. — Agassiz, L^a (hon.) p. 485 De la Rive, Aug. (hon.) p. 482
Forel, Alex. 191 Zantedeschi (hon.) 445

Délégations. — aux funérailles de M. de la Rive, p. 476, 482.

Démissions. — Cordey, Dr, p. 484 Gorgérat, p. 485
Ferderer, 485 Muret, Jn, 484

Étude scientifique du Léman. — p. 181; sondages, p. 458, 482.

Jardin botanique. — p. 450, 474.

Leys de Rumine. — p. 177, 200, 322.

Liste générale des membres effectifs. — p. 499.

Liste générale des membres honoraires. — p. 503.

Liste des Sociétés correspondantes. — p. 504.

Membres admis. — *Honoraires :*

| | | | |
|-----------------|--------|---------------|--------|
| Desor, | p. 459 | Favre, Alph., | p. 459 |
| Hagenbach, Ed., | 459 | | |

Effectifs :

| | | | |
|---------------|-------------|-----------------|----------|
| Addor, | p. 458, 474 | Garrard, H., | 180, 184 |
| Barbey, W., | 199, 202 | Cérésolo, Séb., | 177 |
| Bauty, Ch., | 485 | Challand, Th., | 177 |
| Behrens, Ch., | 328, 331 | Chatelanat, H., | 180, 184 |
| Brière, Dr, | 475, 479 | Clément, Eug., | 325, 327 |
| Brunne r, H., | 485 | Corboz, Const., | 178, 180 |

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| De la Harpe, Ch., p. 191, 196 | Martinet, Léon, p. 325, 327 |
| Duboux, Em., 177 | Matthey, inst., 458, 474 |
| Dugué, Dr, 453, 458 | de Mestral, H., 180, 185 |
| Francillon, Em., 189, 191 | de Mollins, Dr-ph., 198, 199 |
| Forel, Aug., 177 | Muller, Dr, 196, 199 |
| Goll, Herm., 191, 196 | Pellet, L ^s , . 198, 199 |
| Gros, Em., 196, 199 | Rapin, H., 180, 185 |
| Guinand, Elic, 180, 184 | Reverchon, Aug., 459, 474 |
| Klunge fils, 177 | Rey, étud., 180, 185 |
| Krafft, Ed., 177 | Roux, L ^s , 177 |
| Manuel, H., 196, 199 | Suchard, Dr, 475, 479 |

Procès-verbaux. — p. 177, 322, 443.

Règlements. — p. 180, 185, 189; — discussion du règlement général, p. 196, 199; — règlement particulier, p. 201; — discussion, p. 452; — modification demandée, p. 474, 485; — règlement pour l'administration financière, 517; — id. pour le Bulletin, p. 520; — id. pour la Bibliothèque, p. 522.

Séances. — p. 182; — générale de juin 1873, p. 182, 451, 456; — p. 185, 475, 486.

Société helvétique. — Présentation de membres, p. 178; — circulaire, p. 325.

Société correspondante nouvelle. — Bristol naturalist's Society, p. 475.

Station météorologique. — p. 181, 191; — directeur, p. 446.

B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

(Les articles marqués d'un (*) font l'objet d'un mémoire et la page est indiquée en chiffres italiques.)

Mathématiques, Astronomie.

Calcul des coordonnées; Fr. Burnier, p. 179.

Différence d'heure; H. Cauderay, p. 198.

Hauteur du soleil; L. Dufour, p. 190.

Mesures anciennes; F.-A. Forel, p. 186.

Multiplication abrégée; Fr. Burnier, p. 179.

Passage de Vénus sur le soleil; H. Rapin, p. 452.

Pied gaulois; Fr. Burnier, p. 186.

Pluie d'étoiles; H. Kamm, L. Dufour, p. 190.

Taches du soleil; Ch. Dufour, p. 192, 480.

(*) Théorie du gyroscope; P. Piccard, p. 410.

(*) Théorie mathématique de l'échange; Léon Walras, p. 317, 479.
id., analyse de ladite; P. Piccard, p. 484.

(*) Vitesse des étoiles filantes; H. Kamm, p. 131, 331.

Météorologie.

- Baisse barométrique du 20 janvier 1873; L. Dufour, p. 202.
 Bolide; Eug. Delessert, p. 450.
 Id. J. Cauderay, p. 481.
 Cartes météorologiques; L. Dufour, p. 192.
 Cartes statistiques et météorologiques de Paris; L. Dufour, p. 186.
 (*) Fontaines du lac Léman; F.-A. Forel, p. 148.
 Id. Phil. de la Harpe, p. 477.
 (*) Foudre (effets d'un coup de); H. Cauderay, p. 170, 190.
 Id. H. Cauderay, p. 179.
 Fusion de pointes de paratonnerre; L. Dufour, p. 194.
 Hivers doux; L. Dufour, p. 202.
 Grêle du 30 juillet 1872; H. Cauderay, p. 324.
 (*) Observatoire météorologique; J. Marguet, p. 418.
 Id. L. Dufour, p. 446.
 Observations météorologiques forestières; Curchod, for., p. 450.
 (*) *Observations siccimétriques*; L. Dufour, p. 162, 192.
 Plémyramètre, de F.-A. Forel, p. 484.
 (*) Seiches du Léman; F.-A. Forel, p. 213, 488.
 Id. Ch. Dufour, p. 488.
 Spectre du Brocken; L. Dufour, p. 203.
 Température des couches profondes du lac; F.-A. Forel, p. 445.

Physique pure et appliquée.

- Densité des vapeurs rendue sensible; L. Dufour, p. 320.
 (*) Diffusion des gaz; L. Dufour, p. 349, 476, 480.
 Flamme sensible; L. Dufour, p. 328.
 Id. Eug. Delessert, p. 455.
 (*) Horloges électriques; H. Cauderay, p. 436, 449.
 Horloge électrique automatique; H. Cauderay, p. 474.
 Illusion d'optique; F.-A. Forel, p. 184.
 Id. Fr. Burnier, p. 186.
 Id. L. Dufour, p. 455.
 Loi de refroidissement de Dulong et Petit; L. Dufour, p. 445.
 Mirage et réflexion sur le lac; Ch. Dufour, p. 332, 464.
 Id. F.-A. Forel, p. 464.
 Pression dans un siphon; F.-A. Forel, p. 192.
 (*) Réflexion de la chaleur solaire; L. Dufour, p. 1, 323, 334.
 Spectroscope à vision directe; L. Dufour, p. 329.
 Thermométrographe à deux liquides; E. Delessert, p. 465.
 Verres de lampes à pétrole; E. Guillemin, p. 326.

Chimie.

- (*) Analyse de l'eau du Léman; Risler et Walter, p. 175.
 Lithine à chercher; Dr Marcel, p. 481.
 (*) Réaction du chlorate de potassium; J. de Mollins, p. 156, 333.
 (*) Id. sur le soufre; J. de Mollins, p. 159.
 Propriétés iodurantes de l'acide iodique et de ses sels; J. Piccard, p. 333.
 Terres improductives; Eug. Demole, p. 179.
 Id. matière rouge; Eug. Demole, p. 186.
 Vert arsenical des tarlatanes; H. Bischoff, p. 323.

Géologie, Paléontologie, Minéralogie.

- Arragonite; J.-B. Schnetzler, p. 329.
 Boue glaciaire de Martheray; E. Renevier, p. 334.
 Calcaires hydrauliques de Vallorbes; A. Jaccard, E. Renevier, p. 463.
 (*) Carrières de Carrare; J. de la Harpe, p. 205.
 Cause des soulèvements lents; E. Guillemin, p. 450, 474.
 Charbonnages de Mons; Ed. Panchaud, p. 204.
 Collection minéralogique; A. Reitzel, p. 324.
 Destruction des blocs erratiques; Dr Malherbes, p. 178, 322.
 Facies saumâtre dans le Kellovien; E. Renevier, p. 476.
 Fossiles; F.-A. Forel, p. 190.
 Id. H. Cauderay, p. 474.
 Echantillons de marbre; J. de la Harpe, p. 178.
 Idées géologiques d'Elie Bertrand; E. Renevier, p. 452.
 Lave du Vésuve; P. Vionnet, p. 444.
 (*) Notice géologique et minéralogique; J.-B. Schnetzler, p. 438.
 Nummulites et bélemnites; Ph. de la Harpe, p. 488.
Megatherium du musée de Milan; E. Renevier, p. 195.
 Minéraux divers; E. Renevier, p. 476.
Odontopteryx tollapicus du London-Clay; E. Renevier, p. 487.
Palæomeryx; Ph. de la Harpe, p. 189.
 Présentation d'ouvrages de géologie; E. Renevier, p. 328.
 Rhinocéros fossile, Ph. de la Harpe, p. 187.
 Id. F.-A. Forel, p. 204.
 (*) Sur le gypse et la corneule; S. Chavannes, p. 109, 183, 465, 478.
 Id. E. Renevier, p. 478.
 (*) Tableaux géologiques; E. Renevier, p. 348, 474, 480, 524.
 Tortue fossile nouvelle; Ph. de la Harpe, p. 477.
 Tuyaux obstrués par concrétion; Dr Marcel, p. 480.
 Vertèbre cervicale fossile; Dr Marcel, p. 182.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

- Abstinence prolongée de l'*Emys Europea*; E. Delessert, p. 467.
 Anosmie et pigmentation des muqueuses, par W. Ogle; Dr Joel, p. 483.
 Aquariums en miniature; G. du Plessis, p. 183.
 Canard à trois pattes; F.-A. Forel, p. 451.
 Causes de l'influence du séjour à la montagne; F.-A. Forel, p. 327.
 Chaleur animale dans l'ascension des montagnes; F.-A. Forel, Em. Duboux, L. Dufour, p. 443, 453.
 Collection entomologique d'Al. Forel; Aug. Forel, p. 191.
 (*) Double génération alternante; G. du Plessis, p. 429.
Doryphora decemlineata; J.-B. Schnetzler, p. 330.
 Douves chez la perche; S. Bieler, p. 334.
 Epizootie des perches en 1873; F.-A. Forel, p. 455.
 Eponge siliceuse; Ch. Dufour, G. du Plessis, 192.
Endendrium ramosum; G. du Plessis, p. 183, 185.
 Faune du Léman près de Villeneuve; G. du Plessis, p. 451.
 Genis en quantité; S. Bieler, p. 204.
 Instruments pour étude du fond du lac; F.-A. Forel, p. 332.
 Lactation sans parturition; F.-A. Forel, p. 325.
Limnæus perege; F.-A. Forel, p. 467.

TABLE DES MATIÈRES.

v

- Nids de fourmis; Aug. Forel, p. 451.
(*) Organes sensitifs du protéé et de l'axolotl; Dr Bugnion, p. 259, 478.
Organisation des animaux du fond du lac; F.-A. Forel, p. 455.
Passage subit de l'obscurité à la lumière; H. Cauderay, p. 454.
(*) Pisciculture; Dr Nicati, p. 326, 459.
Id. Matthey, inst. p. 459, 467.
Protæus anguinus; Dr Bugnion, p. 193.
Retour des oiseaux de passage; H. Cauderay, p. 449.
Salamandre du Japon; E. Renevier, p. 195.
Saumons dans le Léman; F.-A. Forel, Fraisse, Guillemin, p. 326.
Strongles chez le hanneton; S. Bieler, p. 454.
Suture médiane du frontal; L. Mayor, p. 332.
Température animale; F.-A. Forel, p. 190.
Tête de veau monstrueuse; F.-A. Forel, p. 195.
(*) Tritons, fécondation; J.-B. Schnetzler, p. 333, 440, 464.

Botanique, agriculture, sylviculture.

Cèdre rouge, graines; H. Cauderay, p. 334.
Flore des tourbières; Ph. de la Harpe, p. 198.
Grappes fasciées; J. de la Harpe, p. 178.
Hyosciamus niger; G.-H. Borgeaud, p. 179.
Jardin botanique; J.-B. Schnetzler, p. 459.
Plantes de la Suisse; Dr Rapin, p. 179.
Umbilicaria virginis; J.-B. Schnetzler, p. 330.
Vigne ravagée par une chenille; E. Delessert, p. 331.

Archéologie.

Meule et peson romains; P. Vionnet, J.-B. Schnetzler, p. 444.
Pots et ossements de l'époque romaine; G. Olivier, p. 332.

Statistique, Technologie.

Amorces pour dynamite; E. Guillemin, p. 481.
Amorces électriques; E. Guillemin, p. 190.
Compresseurs nouveaux; E. Guillemin, p. 326.
Gelée préservatrice pour surfaces métalliques; L. Dufour, p. 203.
Huile pour armes; E. Guillemin, p. 204.
Pressoirs en béton; E. Guillemin, de Meuron, p. 187.
Tunnel du Saint-Gothard; L. Dufour, p. 325.



II. TABLE DES AUTEURS.

(Les articles marqués d'un (*) font l'objet d'un mémoire et la page est indiquée en chiffres italiques.)

- BIELER, S.**, méd.-vét.
Geais en quantité, p. 204.
Douve chez la pèche, p. 334.
Strongles chez le hanneton, p. 454.
Pigmentation et sensations, p. 483.
- BISCHOFF, H.**, professeur.
Vertarsénical des tarlatanes, p. 323.
- BORGEAUD, G.-H.**
Hyosciamus niger, p. 179.
- BUGNION, E.**, Dr.
Prolæus anguinus, p. 193.
(*) Organes sensitifs du protéé et de l'axolotl, p. 259, 478.
- BURNIER, Fréd.**
Multiplication abrégée, p. 179.
Calcul des coordonnées, p. 179.
Illusion d'optique, p. 186.
Pied gaulois, p. 186.
- CAUDERAY, Henri.**
(*) Effets d'un coup de foudre, p. 170, 190.
Deux coups de foudre, p. 179.
Différence d'heure, p. 198.
Grêle du 30 juillet 1872, p. 324.
Graines de cèdre rouge, p. 334.
(*) Horloges électriques, p. 436, 449.
Retour des oiseaux de passage, p. 449.
Passage subit de l'obscurité à la lumière, p. 454.
Fossiles de Bellegarde, p. 474.
Horloge électrique automatique, p. 474.
- CAUDERAY, Jul.**
Bolide, p. 481.
- CHAVANNES, S.**
(*) Sur le gypse et la corneule, p. 109, 183, 465, 478.
- CURCHOD-VERDEIL.**
Observations météorologiques forestières, p. 450.
- DE LA HARPE, Jean.**
Grappes fasciées, p. 178.
Echantillons de marbre, p. 178.
(*) Carrières de Carrare, p. 205.
- DE LA HARPE, Phil.**
Rhinocéros fossile, p. 187.
Palæomeryx, p. 189.
Flore des tourbières, p. 198.
Tortue fossile nouvelle, p. 477.
Fontaines du lac, p. 477.
Nummulites et bélemnites, p. 488.
- DELESSERT, Eug.**
Vigne ravagée par une chenille, p. 331.
Bolide, p. 450.
Flamme sensible, p. 455.
Thermométrographe à deux liquides, p. 465.
Abstinence de l'*Emys Europæa*, p. 467.
- DEMOLE, Eug.**
Terres improductives, p. 179.
Matière rouge des dîtes, p. 186.
- DUBOUTX, Em.**
Chaleur animale dans l'ascension des montagnes, p. 443.
- DUFOUR, Ch.**
Eponge siliceuse, p. 192.
Taches du soleil, p. 192, 490.
Mirage et réflexion sur le lac, p. 332, 464.
Les seiches ne sont pas des marées, p. 488.
- DUFOUR, L.**, professeur.
(*) Réflexion de la chaleur solaire, p. 1, 323, 334.

- (*) Observations siccimétriques, p. 162, 192.
 Cartes statistiques et météorologiques, p. 186.
 Pluie d'étoiles, p. 190.
 Hauteur du soleil, p. 190.
 Cartes météorologiques, p. 192.
 Fusion de pointes de paratonnerre, p. 194.
 Baisse barométrique du 20 janvier 1873, p. 202.
 Hivers doux, p. 202.
 Gelée préservatrice pour métaux, p. 203.
 Spectre du Brocken, p. 203.
 Tunnel du Saint-Gothard, p. 325.
 Flamme sensible, p. 328.
 Densité des vapeurs rendue sensible, p. 329.
 Spectroscope à vision directe, p. 329.
 (*) Diffusion des gaz, p. 349, 476, 480.
 Chaleur animale, expérience de Haidenhain, p. 444.
 Loi de refroidissement de Dulong et Petit, p. 445.
 Observation météorologique, p. 446.
 Illusion d'optique, p. 455.
FOREL, Auguste.
 Collection entomologique d'Alexis Forel, p. 191.
 Nids de fourmis, p. 451.
FOREL, F.-A., professeur.
 (*) Fontaines du lac Léman, p. 148.
 Illusion d'optique, p. 184.
 Mesures anciennes, p. 186.
 Divers fossiles, p. 190.
 Température animale, p. 190.
 Pression dans un siphon, p. 192.
 Tête de veau monstrueuse, p. 195.
 Rhinocéros fossile, p. 204.
 (*) Seiches du Léman, p. 213, 488.
 Lactation sans parturition, p. 325.
 Saumons dans le Léman, p. 326.
 Causes de l'influence du séjour à la montagne, p. 327.
 Instruments pour étude du fond du lac, p. 332.
 Chaleur animale dans l'ascension des montagnes, p. 443, 453.
 Procédé pour mesurer la température des couches profondes du lac, p. 445.
 Canard à trois pattes, p. 451.
 Epizootie des perches, en 1873, p. 455.
 Organisation des animaux du fond du lac, p. 455.
 Mirage et réflexion sur le lac, p. 464.
Limnurus perege, p. 467.
 Sondages du Léman, p. 482.
 Pléniromètre, p. 484.
FRAISSE, W., ingénieur.
 Saumons dans le Léman, p. 326.
GUILLEMIN, E., ingén.-chimiste.
 Pressoirs en béton, p. 187.
 Amorces électriques, p. 190.
 Huile pour armes, p. 204.
 Compresseurs nouveaux, p. 326.
 Saumons dans le Léman, p. 326.
 Verres de lampes à pétrole, p. 326.
 Cause des soulèvements lents, p. 450, 474.
 Amorces pour dynamite, p. 481.
JACCARD, Aug.
 Calcaires hydrauliques de Vallorbes, p. 463.
JOEL, Dr.
 Anosmie et pigmentation, par W. Ogle, p. 483.
KAMM, H.
 (*) Vitesse des étoiles filantes, p. 131, 331.
 Pluie d'étoiles, p. 190.
MALHERBES, Dr.
 Destruction des blocs erratiques, p. 178, 322.
MARCEL, Dr.
 Vertèbre cervicale fossile, p. 182.
 Tuyaux obstrués, p. 480.
 Lithine à chercher, p. 481.
MARGUET, J., professeur.
 (*) Observation météorologique, p. 418.
MRTHEY, inst.
 (*) Pisciculture, p. 459, 467.
MAYOR, L.
 Suture médiane du frontal, p. 332.
DE MEURON.
 Pressoirs en béton, p. 187.
DE MOLLINS, J.
 (*) Reactions du chlorate de potassium, p. 156, 333.
 (*) Id. sur le soufre, p. 159.
NICATI, Dr.
 (*) Pisciculture, p. 326, 459.
OLIVIER, G.
 Pots et ossements de l'époque romaine, p. 332.
PANCHAUD, Éd.
 Charbonnages de Mons, p. 204.
PICCARD, J., professeur.
 Propriétés iodurantes de l'acide iodique et de ses sels, p. 333.

- PICCARD, P., professeur.
 (') Théorie du gyroscope, p. 410.
 Analyse de la théorie mathématique de l'échange, p. 484.
- DU PLESSIS, G., professeur.
Fudendrium ramosum, p. 183, 185.
 Aquariums en miniature, p. 183.
 Eponge siliceuse, p. 192.
 (') Double génération alternante, p. 429.
 Faune du Léman près de Ville-neuve, p. 451.
- RAPIN, Dr.
 Plantes de la Suisse, p. 179.
- RAPIN, H.
 Passage de Vénus sur le soleil, p. 452.
- REITZEL, Aug.
 Collection minéralogique, p. 324.
- RENEVIER, E., professeur.
 Salamandre du Japon, p. 195.
Megatherium du musée de Milan, p. 195.
 Ouvrages de géologie, p. 328.
 Boue glaciaire de Martheray, p. 334.
 (') Tableaux géologiques, p. 348, 474, 480, 524.
 Idées géologiques d'Elie Bertrand, p. 452.
 Calcaires hydrauliques, p. 464.
- Facies saumâtre dans le Kelhovia, p. 476.
 Minéraux divers, p. 476.
 Gypse et corneule, p. 478.
Odontopteryx du London-clay, p. 487.
- RISLER, E.
 (') Analyse de l'eau du Léman, p. 175.
- SCHNETZLER, J.-B., professeur.
 Arragonite, p. 329.
Umbilicaria virginis, p. 330.
Doryphora decemlineata, p. 330.
 Fécondation des tritons, p. 333, 440, 461.
 (') Notice géologique et minéralogique, p. 438.
 Meule et peson romains, p. 445.
 Jardin botanique, p. 450.
- TREUTHARDT, agriculteur.
 Bolide, p. 484.
- VIONNET, P.
 Lave du Vésuve, p. 441.
 Meule et peson romains, p. 444.
- VULLIET, P.
 Bolide, p. 484.
- WALRAS, Léon, professeur.
 (') Théorie mathématique de l'échange, p. 317, 479.
- WALTER.
 (') Analyse de l'eau du Léman, p. 175.





Stanford University Libraries



3 6105 010 126 923

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
CECIL H. GREEN LIBRARY
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004
(415) 723-1493

All books may be recalled after 7 days

DATE DUE

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
STANFORD, CALIFORNIA 94305

